การวิเคราะห์ฉากทัศน์สำหรับศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย

น.ส.ธัญชนก เชิดชู

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Scenario Analysis for Biomass Potential of Power Generation from Agricultural Residues in Thailand

Miss Tanchanok Churdchoo

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2022
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ฉากทัศน์สำหรับศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย
โดย	น.ส.ธัญชนก เชิดชู
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

-- คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฉัพพรรณรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

-- ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

-- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

-- กรรมการ

(ดร.สิริภา จุลกาญจน์)

-- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประทิน กุลละวณิชย์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ธัญชนก เชิดชู : การวิเคราะห์ฉากทัศน์สำหรับศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย. (Scenario Analysis for Biomass Potential of Power Generation from Agricultural Residues in Thailand) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ภายใต้การวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง โดยการวิเคราะห์ได้ใช้เครื่องมือในการประเมินปัจจัยภายนอกต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ STEEP Analysis และทำการจัดลำดับปัจจัยเพื่อพิจารณาเลือกสถานการณ์ ที่ถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด พบว่าปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) และมีแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) ต่อฉากทัศนศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ได้แก่ ปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ เช่น อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff และปัจจัยด้านต้นทุนการผลิตไฟฟ้า เช่น ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงชีวมวล ต้นทุนค่าการสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ทั้งนี้ ได้กำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยเชิงปริมาณ ได้แก่ การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขของปัจจัยขับคลื่อน โดยได้แบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ ซึ่งพบว่า ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มากที่สุด 38,376 เมกะวัตต์ รองลงมา ได้แก่ 24,940 เมกะวัตต์ และ 10,596 เมกะวัตต์ ตามลำดับ ในส่วนของการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก อยู่ระหว่าง -980 ถึง 131 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)	ลายมือชื่อนิสิต ....
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....

6480093820 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT (INTERDISCIPLINARY PROGRAM)

KEYWORD: Scenario Analysis, Potential of Power Generation, Biomass, Agricultural Residues

Tanchanok Churdchoo : Scenario Analysis for Biomass Potential of Power Generation from Agricultural Residues in Thailand. Advisor: WEERIN WANGJIRANIRAN, Ph.D.

This research aims to Analysis of the Biomass Potential of Power Generation from Agricultural Residues in Thailand. It examines the factors that contribute to the impact and trends of this production process by utilising STEEP Analysis, a tool for assessing various external factors. The research prioritises and selects situations based on the factors that have the highest impact and the most significant potential for change. The findings reveal key factors that have an impact and exhibit trends of uncertainty on the biomass potential of Power generation from agricultural residues in Thailand. The influential factors identified include government policy support, such as the feed-in tariff for purchasing electricity from biomass sources, and the cost factors associated with electricity production, such as the cost of biofuel, construction expenses, and operational costs. To track and examine the situation, the research establishes indicators, both qualitative and quantitative, including the analysis of biomass potential of power generation from agricultural residues and the analysis of marginal abatement costs (MAC) to reflect the quantitative analysis in each situation under the driving factors' conditions. The research classifies the situations into three scenarios, with the highest biomass potential of power generation from agricultural residues at 38,376 megawatts, followed by 24,940 megawatts and 10,596 megawatts, respectively. Regarding the cost of reducing greenhouse gas emissions, the research indicates a range from -980 to 131 Thai Baht per ton of carbon dioxide equivalent.

Field of Study:	Energy Technology and Management (Interdisciplinary Program)	Student's Signature ....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา ดร.สิริภา จุลกาญจน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประทิน กุลละวาณิชย์ ในฐานะ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ได้รับการแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้องค์ความรู้ ทฤษฎี แนวคิด ประสบการณ์ต่าง ๆ ในการทำงาน และให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบพระคุณ ดร.ประเสริฐ สินสุขประเสริฐ อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี รวมถึงสนับสนุนข้อมูลที่ใช้การวิจัย

ขอขอบพระคุณ ทุกหน่วยงาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถทำวิจัยจนแล้วเสร็จ และมีความสมบูรณ์ของเนื้อหาครบถ้วน

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ กลุ่มเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนการเรียนครั้งนี้อย่างดีมาโดยตลอด

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ธัญชนก เชิดชู

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับของการวิจัย 4

บทที่ 2 5

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 การวิเคราะห์ฉากทัศน์ 5

2.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 22

2.4 การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) 24

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 31

วิธีดำเนินการวิจัย 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1 การรวบรวมข้อมูล 31
3.2 กรอบขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 32
บทที่ 4 34
การวิเคราะห์ฉากทัศน์ 34
4.1 การวิเคราะห์ฉากทัศน์ 34
4.2 ผลการวิเคราะห์ฉากทัศน์ 37
บทที่ 5 65
การกำหนดตัวชี้วัดและวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ 65
5.1 กำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ 65
5.2 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ 66
5.3 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์ 75
5.4 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์ 79
บทที่ 6 84
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 84
6.1 สรุปผลการวิจัย 84
6.2 ข้อเสนอแนะ 85
บรรณานุกรม 87
ประวัติผู้เขียน 92
ภาคผนวก ก 93
ภาคผนวก ข 104
ภาคผนวก ค 120

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนของชีวมวล [8] 13
ตารางที่ 2 ค่าคงที่อัตราส่วนชีวมวลและค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ [10] 16
ตารางที่ 3 ขอบเขตการประเมินก๊าซเรือนกระจก ตามคู่มือ IPCC 2006 [13] 23
ตารางที่ 4 กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม 35
ตารางที่ 5 เกณฑ์คะแนนการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน 36
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยจากการทบทวนวรรณกรรม 39
ตารางที่ 7 ปัจจัยขับเคลื่อน 47
ตารางที่ 8 พื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือ 56
ตารางที่ 9 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield) 57
ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์การพัฒนาสถานการณ์ 60
ตารางที่ 11 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) 70
ตารางที่ 12 สมมติฐานคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ... 71
ตารางที่ 13 สมมติฐานทางการเงิน 73
ตารางที่ 14 สมมติฐานในการคำนวณการวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก 74
ตารางที่ 15 สมมติฐานการวิเคราะห์ศักยภาพสถานการณ์ที่ 1 75
ตารางที่ 16 สมมติฐานการวิเคราะห์ศักยภาพสถานการณ์ที่ 2 77
ตารางที่ 17 สมมติฐานการวิเคราะห์ศักยภาพสถานการณ์ที่ 3 78
ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ 1 79
ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ 2 80
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ 3 82
ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อน 94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 22 การจัดลำดับปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)....96

ตารางที่ 23 การจัดลำดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)....98

ตารางที่ 24 ผลคะแนนการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน....100

ตารางที่ 25 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว....105

ตารางที่ 26 ข้าว: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต....106

ตารางที่ 27 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต....107

ตารางที่ 28 อ้อย: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต....109

ตารางที่ 29 มันสำปะหลัง: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต....110

ตารางที่ 30 ปาล์มน้ำมัน: พื้นที่ให้ผล พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต....111

ตารางที่ 31 ยางพารา: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต....113

ตารางที่ 32 ปริมาณผลผลิต กรณีที่ 1....115

ตารางที่ 33 ปริมาณผลผลิต กรณีที่ 2....115

ตารางที่ 34 ปริมาณผลผลิต กรณีที่ 3....116

ตารางที่ 35 กรณีที่ 1 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 117

ตารางที่ 36 กรณีที่ 2 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 118

ตารางที่ 37 กรณีที่ 3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 119

ตารางที่ 38 โครงสร้างเงินลงทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ระบบเทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น....121

ตารางที่ 39 โครงสร้างเงินลงทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ระบบเทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง....122

ตารางที่ 40 สมมติฐานต้นทุนก๊าซธรรมชาติ....123

ตารางที่ 41 ราคาเชื้อเพลิงณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ่อพลอย....124

ตารางที่ 42 ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดสิรินธร....125

ตารางที่ 43 ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดศรีเชียงใหม่....126

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 44 ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ้านบึง 127

ตารางที่ 45 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปี.. 129

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 การวางแผนสถานการณ์ (Scenario planning) [6] 6

ภาพที่ 2 การสร้างฉากทัศน์ Scenario [4]........ 7

ภาพที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยความไม่แน่นอน [4]........ 9

ภาพที่ 4 การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนเชิงเทคนิค [9]........ 15

ภาพที่ 5 กระบวนการแปรสภาพชีวมวล 20

ภาพที่ 6 ตัวอย่างกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล [12] 21

ภาพที่ 7 ปฏิกิริยาอุณหภูมิเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น [12]........ 22

ภาพที่ 8 Marginal Abatement Cost Curve : MACC [14] 25

ภาพที่ 9 ขั้นตอนการดำเนินงาน........ 32

ภาพที่ 10 ขั้นตอนการวิเคราะห์ฉากทัศน์........ 34

ภาพที่ 11 การวิเคราะห์การเลือกสถานการณ์........ 37

ภาพที่ 12 ผลการจัดลำดับปัจจัย........ 50

ภาพที่ 13 อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่ประกาศใช้ในปี 2558 [39]........ 51

ภาพที่ 14 ขั้นตอนกำหนดตัวชี้วัดในการตรวจสอบสถานการณ์ 66

ภาพที่ 15 ขั้นตอนการวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 66

ภาพที่ 16 ขั้นตอนการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม 69

ภาพที่ 17 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 1........ 80

ภาพที่ 18 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 2........ 81

ภาพที่ 19 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 3........ 82

ภาพที่ 20 ราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิต........ 130

Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

จากการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ครั้งที่ 26 (26th UN Climate Change Conference of the Parties: COP26) ประเทศไทยได้ประกาศเจตนารมณ์เพื่อยืนยันว่าประเทศไทยนั้นได้ให้ความสำคัญสูงสุดแก่การแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และพร้อมที่จะยกระดับการดำเนินงานเพื่อมุ่งสู่การบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยเป้าหมายหลักคือการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิให้เป็นศูนย์ รวมถึงประเทศไทยได้มีการนำเสนอเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกต่อประชาคมโลก (Nationally Determined Contribution: NDC) ให้ได้ร้อยละ 30 จากกรณีปกติในปี ค.ศ. 2030 ของทุกภาคส่วนเศรษฐกิจ ซึ่งจะมุ่งเน้นการเพิ่มสัดส่วนพลังงานสะอาด โดยในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจก 372,716 GgCO_2eq ซึ่งภาคพลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 260,772 GgCO_2eq หรือคิดเป็นร้อยละ 70 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [1] ทั้งนี้เป็นในส่วนของการผลิตไฟฟ้าและความร้อน 103,356 GgCO_2eq เนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า 1 หน่วย จะปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.44 tCO_2/MWh [2]

ดังนั้น เพื่อให้การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บรรลุเป้าหมาย ทุกภาคส่วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคพลังงาน ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุด ทั้งสาขาไฟฟ้า สาขาการขนส่ง และสาขาอุตสาหกรรม จึงต้องตระหนักถึงการดำเนินการเพื่อบรรลุเป้าหมายนี้ โดยรัฐบาลได้มีการสนับสนุนการดำเนินการในหลาย ๆ แนวทางด้วยกัน เช่น การส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนในประเทศเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มสัดส่วนของโรงไฟฟ้าใหม่ให้มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้า โดยการปรับพอร์ตการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าที่มุ่งไปยังพลังงานทดแทนมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ภาคพลังงานลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ การใช้พลังงานทดแทนเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ โดยประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานทดแทนที่โดดเด่นอยู่ 2 อย่าง หลัก ๆ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานชีวภาพ (พลังงานชีวมวล พลังงานก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงชีวภาพ) และเมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมของทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศไทยพบว่าการนำวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนับว่าเป็นทางเลือกที่สอดคล้องกับจุดเด่นของประเทศที่มีผลผลิตการเกษตรเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 (AEDP 2018) กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทดแทนและพลังงานทางเลือกในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ทั้งสิ้นจำนวน 38,284.00 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) โดยมาจากพลังงานชีวภาพ (ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงชีวภาพ) จำนวน 32,044 ktoe ร้อยละ 83.70 ของเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกสำหรับพลังงานทดแทนส่วนใหญ่ถูกใช้ในรูปแบบของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานทดแทนชีวมวลประเภทวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในปี พ.ศ. 2560 มีชีวมวลเกิดขึ้น 296,340,743 ตัน/ปี ได้ถูกนำไปใช้ในภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม 136,540,899 ตันต่อปี หรือร้อยละ 46 ของชีวมวลทั้งหมดที่เกิดขึ้น [3] รัฐบาลจึงมีนโยบายการส่งเสริมการผลิตพลังงานทั้งไฟฟ้าและความร้อนจากวัตถุดิบพลังงานทางเลือกที่มีอยู่ภายในประเทศ เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ไม้โตเร็ว และพืชพลังงาน ซึ่งนับเป็นการขับเคลื่อนสำคัญที่ส่งเสริมให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ (Carbon Neutral) ภายในปี ค.ศ. 2050 อย่างไรก็ตาม ในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน จะต้องมีการกำหนดปริมาณเป้าหมายและ Zoning ให้สอดคล้องกับศักยภาพ และการจัดสรรพื้นที่ทางการเกษตร

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ฉากทัศน์ของศักยภาพชีวมวลประเภทวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อจะทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นตัวแปรหลักและส่งผลต่อประเด็นสำคัญ โดยการวิเคราะห์ใช้เครื่องมือในการประเมินปัจจัยภายนอกต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์ STEEP Analysis [4] และทำการจัดลำดับปัจจัยเพื่อพิจารณาเลือกสถานการณ์ที่ถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เนื่องจากเป็นตัวกำหนดฉากทัศน์ในแต่ละสถานการณ์ นอกจากนี้ยังกำหนดตัวบ่งชี้ในการติดตาม ได้แก่ การประเมินศักยภาพ ชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร และการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อนำเสนอฉากทัศน์ของศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ภายใต้การวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญและปัจจัยความไม่แน่นอน

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ฉากทัศน์ความเป็นไปได้ของศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ในการศึกษาครั้งนี้ ศึกษาเฉพาะพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา และปาล์มน้ำมัน ที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.3.2 การประเมินศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากพื้นที่เพาะปลูกตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

1.3.3 การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก วิเคราะห์เฉพาะจากการผลิตไฟฟ้า

1.3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร เฉพาะเทคโนโลยีการเผาไหม้ (Direct Combustion) และเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยการวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย แบ่งขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎี วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ฉากทัศน์สำหรับศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย รวมถึงค้นคว้ากรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมข้อมูลมาประกอบการทำวิจัย

1.4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

การเก็บข้อมูลของงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งเป็นข้อมูลจำพวกค่าสถิติต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณพื้นที่เพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ปริมาณผลผลิตต่อไร่ ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต สัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ ค่าความร้อนชีวมวล ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าดำเนินการของโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าดำเนินการของโรงไฟฟ้าชีวมวล

1.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยมีขั้นตอน ดังนี้

(1) กำหนดประเด็นสำคัญที่จะทำการวิเคราะห์ฉากทัศน์

(2) วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย

(3) จัดลำดับปัจจัยขับ (Ranking) โดยนำปัจจัยที่ได้มาทำการวิเคราะห์มาจัดลำดับ

(4) พิจารณาเลือกสถานการณ์

(5) การพัฒนาสถานการณ์ กำหนดรายละเอียดแต่ละสถานการณ์ภายใต้ปัจจัยและเงื่อนไขต่าง ๆ

(6) กำหนดตัวบ่งชี้สำหรับการติดตามและตรวจสอบ โดยการตรวจสอบตัวชี้วัดเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินผลของการวิเคราะห์ฉากทัศน์ ซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้ในการติดตามและตรวจสอบจะสะท้อนให้เห็นศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย

(7) สรุปฉากทัศน์ และปัจจัยวิกฤต มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสถานการณ์

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับของการวิจัย

1.5.1 แนวทางการวิเคราะห์ฉากทัศน์ของศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย

1.5.2 ข้อเสนอเชิงนโยบายและยุทธศาสตร์ในการพิจารณาศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ให้กับผู้กำหนดนโยบาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

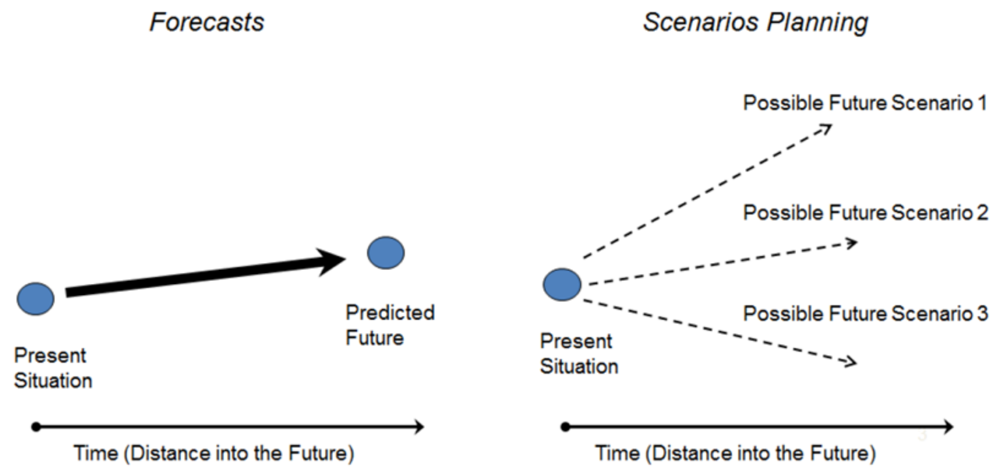
2.1 การวิเคราะห์ฉากทัศน์

2.1.1 ฉากทัศน์ (Scenario) หมายถึง มโนภาพเกี่ยวกับสถานการณ์ในอนาคตที่มีความเป็นไปได้ (Probability) โดยฉากทัศน์จะให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน (Uncertainty) และปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งอิทธิพลต่อการขับเคลื่อนให้สภาวการณ์ปัจจุบันไปสู่อนาคต ซึ่งจะส่งผลให้สามารถระบุและวิเคราะห์ฉากทัศน์ทางเลือก (Alternative Scenario) จนนำไปสู่การกำหนดเป็นกลยุทธ์หรือนโยบายเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสมฉากทัศน์เป็นมโนภาพที่ถูกกำหนดขึ้นโดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูลและทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ จนเกิดเป็นภาพที่สะท้อนให้เห็นความเชื่องโยงระหว่างปัจจัยเกื้อหนุนและปัจจัยความท้าทายต่ออนาคตอย่างชัดเจน

โดยการมองอนาคต คือ การวิเคราะห์และคาดการณ์ อธิบายการเปลี่ยนแปลงในอนาคตซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์และเตรียมความพร้อมรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตหรือเพื่อออกแบบอนาคตที่พึงประสงค์ โดยการวิเคราะห์ (Analyze) จะต้องอาศัยระเบียบวิธีการศึกษา (Methodology) และข้อมูลที่ชัดเจน คู่กับการคาดการณ์และการอธิบายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพื่อกำหนดแนวทางการรองรับอนาคตเหมาะสำหรับการมองอนาคตใน “ระยะสั้น (3-5ปี)” และ “ระยะปานกลาง (6-10 ปี)” ที่จะมีข้อมูลและองค์ความรู้เพียงพอต่อการวิเคราะห์ [5]

การวางแผนสถานการณ์ (Scenario planning) เป็นวิธีการวางแผนกลยุทธ์ที่ใช้ในการสำรวจสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคตและเส้นทางการพัฒนาที่เป็นไปได้ โดยทั่วไปแล้วเน้นไปที่ระยะเวลากลางและระยะยาว โดยพิจารณาแนวโน้มและรูปแบบที่มีอยู่ในปัจจุบันและการใช้การพยากรณ์แบบจำนวนที่เป็นจุดเดียว ซึ่งการวางแผนสถานการณ์จะคำนึงถึงผลกระทบและความไม่แน่นอนของสภาพแวดล้อม โดยจุดมุ่งหมายของการวางแผนสถานการณ์ไม่ใช่การทำนายอนาคตอย่างแม่นยำ แต่เป็นการสร้างภาพอนาคตที่เป็นไปได้ต่างๆ เพื่อให้เห็นทิศทางและแนวโน้ม โดยขั้นตอนพื้นฐานของกระบวนการวางแผนสถานการณ์จะเป็นการแบบสำรวจ เพื่อพิจารณาสมมติฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ของปัจจัยและเงื่อนไข ซึ่งภาพที่ได้รับการพัฒนาจากกระบวนการนี้จะถูกนำเสนอให้เป็นบริบทในการกำหนดนโยบายและการวางกลยุทธ์ที่เกิดขึ้น โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1) กำหนดขอบเขต 2) ค้นหาข้อและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อกำหนดปัจจัยทั้งหมด รวมถึงพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อทางเลือกของการพัฒนาสถานการณ์ในอนาคต 3) การวิเคราะห์แนวโน้มและความไม่แน่นอนที่อาจมีผลต่อการพัฒนาในอนาคต โดยพิจารณาปัจจัยที่สำคัญที่สุด ด้วยการจัดลำดับปัจจัยต่างๆ ตามระดับความไม่แน่นอนและผลกระทบที่เป็นไปได้ และ 4) สร้างสถานการณ์จากปัจจัยความ

ไม่แน่นอน โดยจะเลือกปัจจัยความไม่แน่นอน ที่สำคัญที่สุด 2 ประการ มาทำการพัฒนาสถานการณ์ในอนาคต [6]



ภาพที่ 1 การวางแผนสถานการณ์ (Scenario planning) [6]

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก (External Environmental Scanning) เป็นการสำรวจสภาพแวดล้อมก่อนการมองอนาคต เนื่องจากผู้ที่ต้องการมองอนาคตจำเป็นต้องมีข้อมูลทุกมิติที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์วางแผนเพื่อรองรับอนาคต โดยการสำรวจสภาพแวดล้อม โดยเลือกใช้หลากหลายเทคนิคโดยใช้เครื่องมือที่สำคัญคือ STEEP Analysis คือการวิเคราะห์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1.1 Social (S) ปัจจัยภายนอกเกี่ยวกับด้านสังคม คือ การวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกในเรื่องที่เกี่ยวกับด้านสังคม วัฒนธรรม วิถีชีวิตความเป็นอยู่ รูปแบบการใช้ชีวิต (Lifestyle) ของคนในสังคม

CHULALONGKORN UNIVERSITY

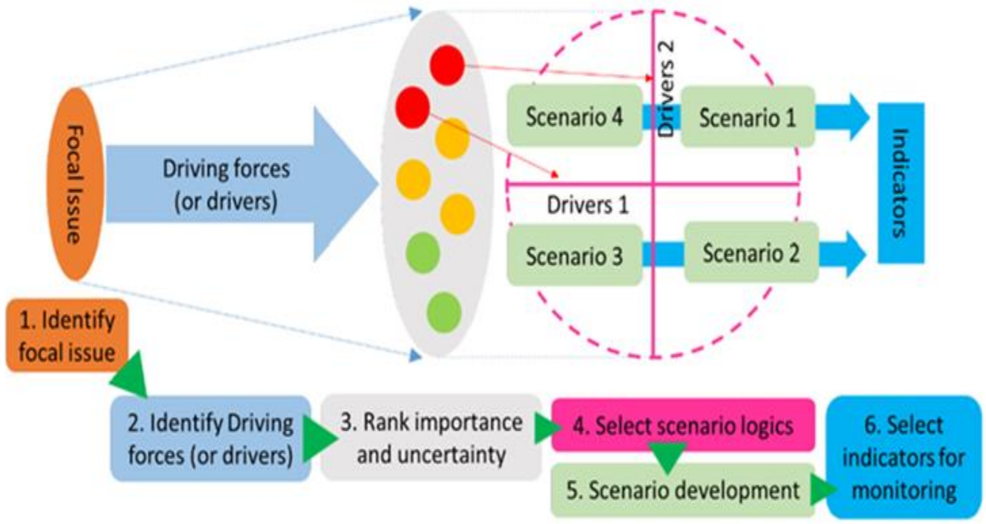
2.1.1.2 Technology (T) ปัจจัยภายนอกเกี่ยวกับเทคโนโลยีของประเทศที่กำลังทำการวิเคราะห์ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ รวมถึงแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีไปอย่างรวดเร็ว

2.1.1.3 Economics (E) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและการเงิน สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ ประกอบด้วยแง่มุมที่เกี่ยวข้องกับบุคคลความสามารถในการรับสินค้าหรือบริการตามเงื่อนไขทางเศรษฐกิจ

2.1.1.4 Environment (E) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ ลักษณะทางธรรมชาติ และลักษณะทางภูมิศาสตร์ องค์ประกอบทางนิเวศวิทยา โดยพิจารณาสถานการณ์ทางกายภาพในปัจจุบันและสภาพแวดล้อมทางชีวภาพที่บริษัทสามารถเผชิญได้

2.1.1.5 Political and Legal (P) ปัจจัยภายนอกด้านการเมือง นโยบายต่าง ๆ และกฎหมายการเมืองภายในประเทศไปจนถึงการเมืองระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง การออกนโยบายของภาครัฐ และปัจจัยเกี่ยวกับกฎหมายที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยส่วนมากมักจะส่งผลในลักษณะข้อห้ามและข้อจำกัดบางอย่างในการทำธุรกิจ

การสร้างสถานการณ์จำลอง เป็นวิธีที่ใช้ในการกำหนดความเป็นไปได้ในอนาคตในประเด็นที่น่าสนใจให้มีความเหมาะสมกับนโยบายและการวางแผนเชิงกลยุทธ์ โดยเริ่มต้นด้วยการดูอนาคตเชิงคุณภาพที่เกี่ยวข้องนี้ วิธีการจะขึ้นอยู่กับการระดมความคิดของผู้เชี่ยวชาญจากทุกภาคส่วน เช่น ภาครัฐ เอกชน และนักวิชาการ โดยขั้นตอนแรก จะเริ่มต้นจากการระบุประเด็นสำคัญ จากนั้นวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประเด็นสำคัญ โดยอาจจะแบ่งปัจจัยเป็นด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านการเมือง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ฉากทัศน์ และทำการจัดลำดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) และปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) เพื่อใช้พิจารณาเลือกสถานการณ์ โดยในการเลือกสถานการณ์จะพิจารณาเลือกสถานการณ์วิกฤต (Critical uncertainty) ที่ถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ทั้งนี้ ยังกำหนดตัวบ่งชี้สำหรับการติดตามและตรวจสอบ ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินผลการวิเคราะห์ทัศน์ นอกจากนี้ยังได้กำหนดชื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์นั้น ๆ โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ฉากทัศน์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การสร้างฉากทัศน์ Scenario [4]

2.1.2 ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์จำลอง

2.1.2.1 ระบุประเด็นสำคัญที่เกี่ยวกับอนาคต

2.1.2.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องหรือปัจจัยขับเคลื่อนที่เป็นตัวแปรสำคัญต่อการวิเคราะห์อนาคตหรือสถานการณ์ โดยการวิเคราะห์ปัจจัยอาจจะใช้เครื่องมือสำหรับการประเมินปัจจัยภายนอก ได้แก่ “STEEP Analysis” เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยให้ครอบคลุมทุกด้าน โดย STEEP Analysis จะวิเคราะห์ปัจจัยในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ปัจจัยด้านสังคม ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านการเมือง

2.1.2.3 การจัดลำดับความสำคัญและความไม่แน่นอน เป็นการนำปัจจัยเกี่ยวข้องหรือปัจจัยขับเคลื่อนมาจัดลำดับความสำคัญและความไม่แน่นอน เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกสถานการณ์

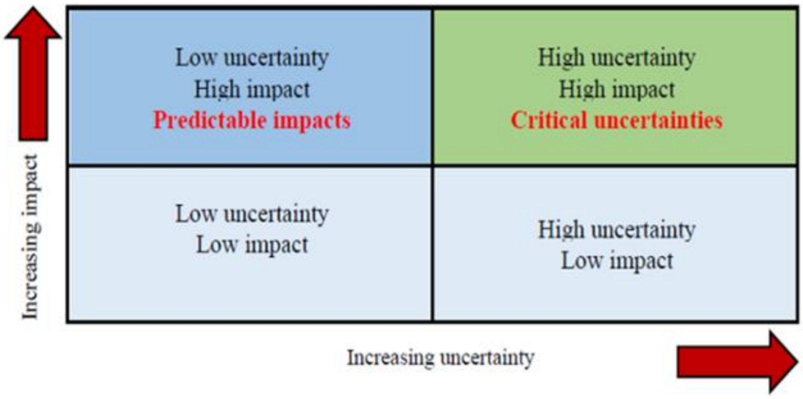
2.1.2.4 พิจารณาเลือกสถานการณ์: การพิจารณาเลือกสถานการณ์ จะพิจารณาเลือกสถานการณ์ที่ถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) และปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) มากที่สุด เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดให้เกิดสถานการณ์ที่แตกต่าง

2.1.2.5 การพัฒนาสถานการณ์: เป็นกำหนดรายละเอียดแต่ละสถานการณ์ภายใต้ปัจจัยและเงื่อนไขต่าง ๆ โดยในแต่ละสถานการณ์จะสะท้อนปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน

2.1.2.6 กำหนดตัวบ่งชี้สำหรับการติดตามและตรวจสอบ โดยการตรวจสอบตัวชี้วัดเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินผลของการวิเคราะห์ฉากทัศน์ ซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้ในการติดตามและตรวจสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2.7 สรุปการวิเคราะห์ฉากทัศน์ และปัจจัยที่มีผลต่อสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงกำหนดชื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยความไม่แน่นอน [4]

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาศักยภาพของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2.2.1 ชีวมวล (Biomass)

เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ โดยสารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืช สัตว์ เศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร เช่น เศษไม้ ฟางข้าว แกลบ ซังข้าวโพด ชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง กากใยปาล์ม รวมถึงการนำมูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางเกษตร และขยะ โดยชีวมวลสามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้ จากการนำมาเผาไหม้โดยตรงและนำความร้อนที่ได้ไปใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่มา สมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบของชีวมวลนั้น ๆ

2.2.2 ประเภทแหล่งพลังงานชีวมวลจากพืช

สามารถจำแนกแหล่งพลังงานจากพืชมีอยู่ในธรรมชาติและทำการเพาะปลูกขึ้นเองมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.2.2.1 ชีวมวลประเภทที่มีลักษณะเป็นเนื้อไม้ (Woody biomass) โดยทั่วไปสามารถพบได้ตามแหล่งป่าไม้ต่าง ๆ ซึ่งป่าไม้เป็นแหล่งช่วยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้นั้นช่วยดูดซับจากชั้นบรรยากาศเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการนำเอาต้นไม้นั้นมาทำการเผาไหม้ ชีวมวลที่เกิดขึ้นจากการแปรรูป ไม่ว่าจะเป็นเศษวัสดุจำพวกขี้เลื่อย เศษไม้และเปลือกไม้ ล้วนเป็นผลพลอยได้ทางอ้อมที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนทิ้งในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรงหรือการนำไปผลิตความร้อนเพื่อผลิตเป็นไฟฟ้าต่อไป

2.2.2.2 ชีวมวลประเภทที่มีลักษณะเป็นพืชผลทางการเกษตร (Agricultural biomass) ในปัจจุบันมีการปลูกพืชทางการเกษตรจำพวกข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด แหล่งพลังงานจากพืชผลทางการเกษตรจะมีข้อได้เปรียบกว่าแหล่งพลังงานแบบที่มีลักษณะเป็นเนื้อไม้ เพราะไม่มีความยุ่งยากในการเพาะปลูกและวงจรการใช้พื้นที่เพาะปลูกมีความยืดหยุ่นและเหมาะต่อการปลูกสำหรับพืชหลายชนิด รวมถึงสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากกว่าเนื่องจากพืชผลทางการเกษตรเหล่านี้มีวงจรในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวสั้นกว่า

2.2.2.3 ชีวมวลประเภทที่มีลักษณะเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Agricultural biomass residue) ภายหลังการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตร หรือการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีของเหลือใช้จากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านั้นที่จัดว่าเป็นชีวมวลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงาน เช่น เศษไม้ ขี้เลื่อย ซัง เปลือก หรือส่วนประกอบของพืชต่าง ๆ ที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานจากชีวมวลอีกรูปแบบหนึ่งโดยนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้งานเป็นแหล่งพลังงาน โดยสามารถนำมาใช้ได้ทั้งในรูปแบบของพลังงานความร้อนและการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีการทำการเกษตรอุตสาหกรรม ซึ่งพบว่าในแต่ละปีมีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมากและในกระบวนการเก็บเกี่ยวหรือกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร จะให้เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก โดยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรยังคงมีศักยภาพในการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงาน ทั้งนี้ในสภาวะปัจจุบันเมื่อวิกฤตการณ์ราคาพลังงานแนวโน้มสูงขึ้น และอาจก่อให้เกิดการขาดแคลนพลังงานในอนาคต จึงมีความสนใจที่จะนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้ มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการให้ความร้อนแก่กระบวนการการผลิตในอุตสาหกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.3 องค์ประกอบของชีวมวล

องค์ประกอบชีวมวลที่สำคัญในการพิจารณาเลือกใช้ชีวมวลมีด้วยกัน 3 ส่วนหลัก [7] ดังนี้

2.2.3.1 ความชื้น (Moisture) ปริมาณน้ำที่มีอยู่ที่ผิว หรือภายในเซลล์ของชีวมวล โดยที่ชีวมวลส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูงเพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้น ถ้าต้องการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานด้วยกระบวนการเผาไหม้ ควรพิจารณาเลือกใช้ชีวมวลที่มีความร้อนไม่เกินร้อยละ 60 เนื่องจากการมีชีวมวลที่ยังคงมีความชื้นจำนวนมาก จะต้องใช้ความร้อนร่วมส่วนหนึ่งไปดึงน้ำออกจากเนื้อชีวมวลทำให้ระบบเผาไหม้มีประสิทธิภาพต่ำ หรือควรจะมีการปรับสภาพด้วยการทำให้แห้งลดปริมาณความชื้นให้ต่ำลงก่อนนำมาใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และคายความร้อนของชีวมวลให้มีค่าสูงขึ้น

2.2.3.2 ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สารระเหย (Volatile matter) และคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) เมื่อชีวมวลได้รับความร้อนจะเกิดการแตกสลายเชิงความร้อนให้สารระเหยได้ ซึ่งสารระเหยที่ได้จะมีคุณสมบัติที่สามารถติดไฟได้ รวมถึงสามารถแตกสลายเชิงความร้อนต่อไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิง

2.2.3.3 ขี้เถ้า (Ash) ปริมาณสารอนินทรีย์ภายในเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นภายหลังการเผาไหม้หรือการสลายตัวเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล หรือเป็นส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด สามารถแสดงปริมาณเถ้าโดยคำนวณแบบฐานแห้ง (Dry basis) ทั้งนี้ ในการเลือกใช้เชื้อเพลิงชีวมวลหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงาน ปริมาณเถ้ามักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึกถึงในการเลือกใช้เชื้อเพลิงชีวมวลนั้น ๆ เนื่องจากเถ้ามีปริมาณ องค์ประกอบ และลักษณะทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน หากเชื้อเพลิงชีวมวลมีปริมาณเถ้ามาก การลำเลียงเถ้าออกจากระบบเผาไหม้ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อนต่ำลง หรือเชื้อเพลิงชีวมวลบางประเภทอาจมีสารแอลคาไลน์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งอาจมีผลต่อระบบการเผาไหม้ทำให้เกิดการอุดตันในระบบเผาไหม้ คุณลักษณะโดยทั่วไปของชีวมวล

2.2.4 ขนาดของชีวมวล

เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาก่อนที่จะเลือกใช้ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหรือใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเฉพาะชีวมวลที่มีขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้หรือปลายไม้ จากสวนป่ายางพาราและปีกไม้ที่ได้จากโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราจะมีขนาดใหญ่มาก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้จะต่ำ ทั้งนี้ หากนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานจะต้องนำมาย่อยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.5 การกระจายของแหล่งชีวมวล

รูปแบบการกระจายตัวของแหล่งชีวมวลแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนั้น 1) อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และ 2) อยู่กระจัดกระจาย โดยชีวมวลที่อยู่กันเป็นกลุ่ม ได้แก่ ชีวมวลที่มีการนำไปแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ เช่น โรงสีข้าวจะได้แกลบเป็นเศษชีวมวล โรงงานผลิตน้ำตาลทรายจะได้ชานอ้อย และโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราจะได้เศษไม้ที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ สำหรับชีวมวลที่อยู่กระจัดกระจายจะพบได้ตามพื้นที่เพาะปลูกยังไม่มีการรวบรวม เช่น เปลือกข้าวโพดจากการสีข้าวโพด และเศษไม้ยางพาราจากสวนยางพารา เป็นต้น

2.2.6 ค่าความร้อน

ในการเผาไหม้หรือแตกสลายเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจะให้พลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อเกิดการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ เชื้อเพลิงชีวมวลจึงเปลี่ยนเป็นแก๊ส

คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ และให้พลังงานความร้อนเป็นค่าความร้อน ซึ่งมีหน่วยเป็นปริมาณพลังงานต่อหน่วยน้ำหนัก โดยค่าความร้อนของชีวมวลสามารถแบบได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.6.1 ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value: LHV) ค่าความร้อนของปฏิกริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยคำนึงถึงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์อยู่ในภาคแก๊สหรือ โดยการวิเคราะห์ความร้อนต่ำมักจะทำได้ยาก จึงใช้การคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูง โดยมีสมการดังนี้

$$LHV = HHV \times \left(1 - \frac{W}{100}\right) - 2447 \times \left(\frac{W}{100}\right) \times 2447 \left(\frac{H}{100}\right) \times 9.01 \times \left(1 - \frac{W}{100}\right) \quad (1)$$

โดยที่ LHV คือ ค่าความร้อนต่ำ (kJ/kg wet basis)

HHV คือ ค่าความร้อนสูง (kJ/kg wet basis)

W คือ ร้อยละโดยน้ำหนักของความชื้น (wt% wet basis)

H คือ ร้อยละโดยน้ำหนักขององค์ประกอบไฮโดรเจน (kJ/kg wet basis)

2.2.6.2 ค่าความร้อนสูง (Higher heating value: HHV) ค่าความร้อนของปฏิกริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยคำนึงถึงปริมาณน้ำในการผลิตภัณฑ์ที่อยู่ใน วัฏภาคของเหลว โดยน้ำที่เกิดในในวัฏภาคของเหลวนั้นมีองค์ประกอบที่เกิดจากปริมาณของออกซิเจนไฮโดรเจนและปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลขณะเริ่มต้น ดังนั้น การหาค่าความร้อนสูงจึงจำเป็นต้องหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลก่อนการนำไปหาค่าปริมาณความร้อนด้วยบอมบ์-แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) โดยมีสมการดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$HHV = 349.1X_c + 1178.3X_H + 100.5X_s - 15.1X_N - 103.4X_O - 21.1X_{ash} \quad (2)$$

CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยที่ HHV = ค่าความร้อนสูง (kJ/kg dry basis)

X_c = ร้อยละลองค์ประกอบของคาร์บอน (wt% dry basis)

X_H = ร้อยละองค์ประกอบของไฮโดรเจน (wt% dry basis)

X_s = ร้อยละองค์ประกอบซัลเฟอร์ (wt% dry basis)

X_N = ร้อยละองค์ประกอบของไนโตรเจน (wt% dry basis)

X_O = ร้อยละองค์ประกอบของออกซิเจน (wt% dry basis)

X_{ash}= ร้อยละองค์ประกอบของเถ้า (wt% dry basis)

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนของชีวมวล [8]

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ค่าความร้อน (เมกกะจูล/กิโลกรัม)
1. ข้าวนาปี	แกลบ	14.27
	ฟางข้าว	12.33
2. ข้าวนาปรัง	ฟางข้าว	12.33
3. อ้อย	ใบและยอดอ้อย	15.48
4.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น ยอด ใบ	15.42
	ซัง	16.67
	เปลือก	15.85
5.มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	17.42
	ลำต้น ยอด ใบ	19.57
	กากมันสำปะหลัง	18.42
6. ยางพารา*	ลำต้นส่วนที่ตัดทิ้ง	19.18
	กิ่ง	19.18
	ใบและยอด	16.12
	รากไม้ยางพารา	18.11
	ปีกไม้/เศษไม้ยางพารา	18.11
	ขี้เลื่อยยางพารา	18.11
7. ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	9.83
	ทาง ใบปาล์มน้ำมัน	15.59
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	17.86
	ใยปาล์มน้ำมัน	17.62
	กะลาปาล์มน้ำมัน	18.46

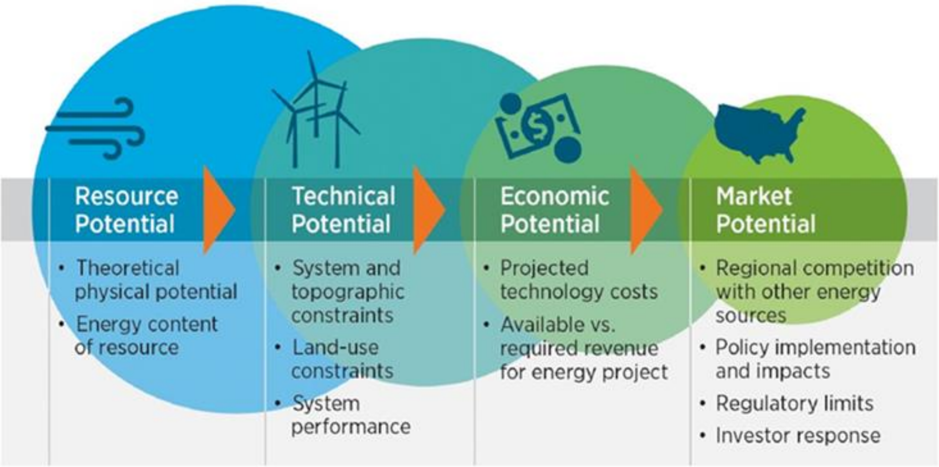
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.7 ศักยภาพชีวมวลและการใช้ประโยชน์

การพิจารณาเลือกใช้ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานจะพิจารณาทั้งในด้านศักยภาพเชิงปริมาณและสมบัติทางเชื้อเพลิงที่เหมาะสม โดยชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่มา คุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบของชีวมวลชนิดนั้น ๆ บางชนิดมีความชื้นมากไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้เพื่อผลิตความร้อนหรือไฟฟ้า เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เป็นเถ้าจำนวนมากและอาจจะก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบเผาไหม้และการถ่ายโอนความร้อนที่มีประสิทธิภาพต่ำในระบบเผาไหม้ โดยจะพิจารณาการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเชิงปริมาณ ดังนี้

2.2.7.1 การประเมินศักยภาพทางเทคนิค การประเมินศักยภาพทางเทคนิคของทรัพยากรพลังงานทดแทน และความเป็นไปได้ของกำลังการผลิตไฟฟ้าในประเทศเพื่อทดแทนการที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยจากแหล่งพลังงาน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม พลังงานน้ำ ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน) เป็นปัจจัยหลักในการผลิตไฟฟ้า จึงได้ทำการประเมินความต้องการและอุปทานของทรัพยากรเพื่อใช้ในการวางแผนพลังงาน โดยได้ทำการวิเคราะห์ประเภท ปริมาณ ที่ตั้งของทรัพยากรรวมถึงข้อจำกัดทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ โดยการพิจารณาศักยภาพพลังงานทดแทนเชิงพื้นที่จะพิจารณาจากขอบเขตในทางทฤษฎีที่มีความพร้อมของทรัพยากรเป็นลำดับแรก เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และตลาดตามลำดับ ซึ่งล้วนมีความสำคัญสำหรับการระบุทางเลือกในการวางแผนพลังงานตามความพร้อมของทรัพยากร ทั้งนี้ การประเมินศักยภาพทางเทคนิคเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินศักยภาพทรัพยากรพลังงานทดแทน โดยแสดงถึงปริมาณพลังงานทางเทคนิคในการผลิตไฟฟ้า และบริเวณพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงาน ซึ่งประสิทธิภาพของระบบและข้อจำกัดในด้านภูมิศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาศักยภาพทางเทคนิค เนื่องจากเป็นปัจจัยในการประมาณการขอบเขตพื้นที่บนศักยภาพการพัฒนาทรัพยากรพลังงาน ดังภาพที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4 การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนเชิงเทคนิค [9]

2.2.7.2 การประเมินศักยภาพชีวมวลเชิงปริมาณ การคำนวณศักยภาพชีวมวลหรือศักยภาพชีวมวลคงเหลือ จำเป็นต้องนำค่าอัตราส่วนชีวมวลและค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้มาคำนวณหาผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกทั้งหมด จะมีส่วนที่เป็นชีวมวลปริมาณเท่าใด อย่างไรก็ตามในสภาวะปัจจุบันพฤติกรรมทางการเกษตร เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การแปรรูปผลผลิต ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสายพันธุ์พืชและสภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้ปริมาณชีวมวลที่เกิดขึ้นจากภาคการเกษตรมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ จะพิจารณาจากปริมาณผลผลิตที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยการประเมินศักยภาพชีวมวล ได้พิจารณาปัจจัย ดังนี้ ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก (ไร่ต่อปี) ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิต (ตันต่อปี) อัตราส่วนชีวมวล (ตัน/ตันผลผลิต) ค่าสมัประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ และค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม) ตามสมการด้านล่าง [10]

โดยค่าคงที่อัตราส่วนชีวมวล เป็นค่าคงที่อัตราส่วนชีวมวล ปริมาณชีวมวลที่เกิดขึ้นต่อหน่วยผลผลิต (ตันต่อไร่หรือตันต่อผลผลิต) ตัวอย่างเช่น ค่าอัตราส่วนชีวมวลประเภทแกลบ 0.203 ฟางข้าว 1.169 ดังนั้น เมื่อเก็บเกี่ยวต้นข้าว 1 ตัน จะให้แกลบ 0.203 ตัน และฟางข้าว 1.169 ตัน ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ เป็นค่าอัตราส่วนชีวมวลที่หักปริมาณที่ถูกใช้งานออกไปแล้ว ตัวอย่างเช่น ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ประเภทแกลบ 0.481 ฟางข้าว 0.583 ดังนั้น หากแกลบหรือฟางข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยว 1 ตัน จะมีแกลบเหลือจากการถูกนำไปใช้ในภาคต่าง ๆ แล้ว 0.481 ตัน และฟางข้าวเหลือ 0.583 ตัน

ปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ทำการศึกษา สำรวจทบทวนพฤติกรรมเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงค่าคงที่ของอัตราส่วนชีวมวลและค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ ดังตารางที่ 2 ด้านล่างนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2 ค่าคงที่อัตราส่วนชีวมวลและค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ [10]

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต)	สัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้
1. ข้าวนาปี	แกลบ	0.23	0.481
	ฟางข้าว	1.169	0.583
2. ข้าวนาปรัง	ฟางข้าว	1.522	0.829
3. อ้อย	ใบและยอดอ้อย	0.153	0.629
4.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น ยอด ใบ	1.581	1
	ซัง	0.278	0.1
	เปลือก	0.265	0.1
5.มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	0.097	0.944
	ลำต้น ยอด ใบ	0.25	0.244
	กากมันสำปะหลัง	0.333	1
6. ยางพารา*	ลำต้นส่วนที่ตัดทิ้ง	3.318 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)
	กิ่ง	0.004 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)
	ใบและยอด	1.481 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)
	รากไม้ยางพารา	10.127 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)
	ปีกไม้/เศษไม้ยางพารา	7.82 (ตัน/ไร่)	-
	ขี้เลื่อยยางพารา	1.65 (ตัน/ไร่)	-
7. ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	11.253	1
	ทาง ใบปาล์มน้ำมัน	0.134	1
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	0.199	0.04
	ใยปาล์มน้ำมัน	0.131	
	กะลาปาล์มน้ำมัน	0.056	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.7.3 ผลผลิตทางการเกษตรและชนิดชีวมวลประเภทต่างๆ [11]

(1) ข้าว ลักษณะทั่วไปของชีวมวลจากข้าว แบ่งลักษณะชีวมวลที่ได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ ฟางข้าว และแกลบ ฟางข้าวมีขนาดเล็กบางแต่กลวงเกิดขึ้นขณะที่เกี่ยวข้าว มีความชื้นต่ำ ส่วนใหญ่นั้นถูกเผาทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกมีเพียงบางส่วนที่นำไปเลี้ยงสัตว์ ส่วนข้าวเปลือกจะให้ชีวมวล คือ แกลบจากกระบวนการสีข้าวที่โรงสี โดยมีความชื้นต่ำและขนาดเล็กเหมาะเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ การนำฟางข้าวไปใช้ในปัจจุบันประมาณร้อยละ 50 จะนำไปเป็นอาหารสัตว์ ใช้ในเกษตรกรรม ใช้ใน การทำเชื้อเพลิง และส่งไปยังโรงงานกระดาษร้อยละ 50 ส่วนที่เหลือเกษตรกรจะทำการเผาทิ้งหรือไถกลบ ส่วนแกลบนั้นจะได้จากโรงสีข้าว ประมาณร้อยละ 70-80 ของแกลบที่ได้ ส่วนที่เหลือร้อยละ 20-30 จะส่งขายไปยังโรงงานผลิตอิฐหรือนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง

(2) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ชีวมวลที่ได้จากข้าวโพด ได้แก่ ยอด ใบ และลำต้น ข้าวโพดซึ่งจะได้หลังจากการเก็บเกี่ยวในไร่ข้าวโพด และอีกส่วนคือ เปลือกและซังข้าวโพดซึ่งจะได้ จากโรงงานผลิตอาหารสัตว์และโรงงานผลิตข้าวโพดกระป๋อง ส่วนของยอด ใบ และลำต้นข้าวโพด ประมาณร้อยละ 10 จะถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ย ไถกลบ และเป็นเชื้อเพลิง ส่วนอีกร้อยละ 90 จะถูกเผาทิ้งในไร่ข้าวโพด ส่วนเปลือกและซังข้าวโพดที่ได้จากอุตสาหกรรมนั้น จะถูกนำไปใช้งาน ประมาณร้อยละ 70 ส่วนอีกร้อยละ 30 จะถูกเผาทิ้ง ส่วนที่นำไปใช้งานนั้น ได้แก่ ส่วนที่นำไปเป็น อาหารสัตว์ประมาณร้อยละ 20-25 และนำไปเป็นเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 20-45 ส่วนที่เหลือจะถูก นำไปทำเป็นปุ๋ย และผลิตแอลกอฮอล์

(3) อ้อย ชีวมวลที่ได้จากอ้อยแบ่งได้เป็น ยอดและใบอ้อย กากอ้อย ชานอ้อย กากน้ำตาล และกากตะกอน ทั้งนี้ ส่วนของยอดและใบอ้อยที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวใน ไร่อ้อยร้อยละ 10-30 จะนำไปใช้ในการทำปุ๋ย คลุมดิน ใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนอีกประมาณร้อยละ 70-90 ไม่มีการนำไปใช้งาน เกษตรกรจะทำการเผาทิ้งไป ในส่วนของชีวมวลที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล ได้แก่ กาก/ชานอ้อย เกือบทั้งหมดจะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำและนำกลับมาใช้ใน โรงงาน โดยส่วนที่เหลือจะมีการส่งไปยังโรงงานผลิตกระดาษ และโรงงานผลิตปาติเคิลบอร์ดชีวมวล อีกประเภทที่ได้จากโรงงานน้ำตาลคือ กากน้ำตาล ซึ่งการใช้งานในปัจจุบันจะส่งไปยังโรงงานผลิต ผงชูรส โรงงานผลิตแอลกอฮอล์ และใช้เป็นอาหารสัตว์ นอกจากนั้นกากตะกอนก็เป็นชีวมวลอีกส่วนหนึ่ง ที่ได้จากโรงงานน้ำตาล ซึ่งปัจจุบันกากตะกอนทั้งหมดจะนำไปใช้เป็นปุ๋ย

(4) ไม้ยางพารา ชีวมวลที่ได้จากไม้ยางพารา ได้แก่ กิ่ง ใบ ราก ลำต้น เศษไม้ และขี้เลื่อย โดยที่กิ่ง ใบ และรากของยางพารา จะถูกส่งไปยังโรงงานผลิตไม้หลังจากกระบวนการ ผลิตจะได้ออกมาเป็นขี้เลื่อย ในส่วนของขี้เลื่อยนอกจากจะได้จากส่วนของโรงงานไม้แล้ว ยังได้มาจาก

โรงงานแปรรูปไม้ยางพาราอีกด้วย การใช้งานขี้เลื่อยในปัจจุบันเกือบทั้งหมดจะนำไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในโรงงานทั้งโรงงานผลิตไม้และโรงงานอบไม้ยาง นอกจากนี้ยังใช้ขี้เลื่อยในการเกษตร ใช้คลุมดิน เพาะเห็ด ใช้ทำปุ๋ย และส่งไปเป็นวัตถุดิบในโรงงานผลิตธูป ส่วนลำต้นของยางพาราจะถูกส่งไปยังโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา โดยหลังจากนั้นจะได้เศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตนำไปใช้ในการทำเชื้อเพลิงหรือส่งไปใช้งานที่โรงงานไม้ต่อไป

(5) ปาล์มน้ำมัน ชีวมวลที่ได้จากปาล์มน้ำมัน คือ ทางใบปาล์ม และทะลายปาล์ม ซึ่งทั้งหมดของทางและใบปาล์ม จะนำไปใช้ คลุมดิน และทำเป็นปุ๋ย ส่วนทะลายปาล์มประมาณร้อยละ 50-60 จะนำไปใช้ทำปุ๋ยและใช้ในการเพาะเห็ด ส่วนอีกประมาณร้อยละ 40-50 จะถูกทิ้งไป และชีวมวลอีกส่วนหนึ่งของปาล์มนั้นที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม คือ กากใย และกะลาปาล์ม ซึ่งกากใยของปาล์มนั้นจะนำไปใช้งานทั้งหมด โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงและทำเป็นปุย ส่วนของกะลาปาล์มประมาณร้อยละ 70-80 จะนำไปเป็นเชื้อเพลิง และอีกประมาณร้อยละ 20-30 จะนำไปทิ้ง

(6) มันสำปะหลัง ชีวมวลที่ได้จากมันสำปะหลัง ได้แก่ ยอด ใบ ลำต้น เหง้า เปลือก และกากมันสำปะหลังในส่วนของยอด ใบ ลำต้น และเหง้านั้นจะได้จากไร่มันสำปะหลัง ซึ่งปัจจุบัน ลำต้น ยอด ใบ จะนำไปใช้ทำพันธุ์ในการเพาะปลูกต่อไปประมาณร้อยละ 60-80 และส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 20-40 จะถูกทิ้ง โดยครึ่งหนึ่งจะถูกทิ้งโดยการเผาและอีกครึ่งหนึ่งจะถูกทิ้งโดยการฝังกลบ ในส่วนของเหง้ามันสำปะหลังปัจจุบันยังไม่มีการนำมาใช้งานมักจะทิ้งโดยการไถกลบประมาณร้อยละ 50 และเผาทิ้งประมาณร้อยละ 50 ชีวมวลที่ได้จากโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังจะเป็นเปลือกและกากมันสำปะหลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.8 การจัดการด้านความต่อเนื่องของชีวมวล

โดยชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จะเกิดขึ้นได้ต้องมีการทำการเกษตร และต้องมีผลผลิตทางการเกษตรเกิดขึ้น ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรที่เกิดขึ้นจะพิจารณาจากการเกิดตามฤดูกาลของชีวมวล ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละภาค โดยจะอยู่กับชนิดของพืช สภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ

2.2.9 การใช้ประโยชน์จากชีวมวล

ชีวมวลสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ให้พลังงานได้โดยตรง แต่สมบัติบางประการที่สำคัญของชีวมวลเช่น ค่าความชื้น ค่าความร้อน และค่าความหนาแน่น ทำให้การนำไปใช้ประโยชน์ของชีวมวลเพื่อแปรรูปเป็นพลังงานอาจจะให้ประสิทธิภาพต่ำ หรือไม่สามารถนำมาใช้งานได้โดยตรง ปัจจุบันจึงมีการนำชีวมวลมาผ่านกระบวนการแปลงสภาพเพื่อให้ชีวมวลมีสมบัติที่เหมาะสมต่อการ

นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว แก๊ส โดยกระบวนการแปรสภาพชีวมวลสามารถจำแนกได้เป็น 3 กระบวนการ ดังนี้

2.2.9.1 กระบวนการแปรรูปชีวมวลทางกายภาพ (Physical conversion)

กระบวนการปรับสภาพทางกายภาพของชีวมวลให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เป็นวิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อนโดยทั่วไปมักเป็นกรรมวิธีเพื่อปรับปรุงสภาพให้ชีวมวลที่สมบัติที่สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานหรือเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การลดความชื้น (Moisture reduction) การลดขนาด (Size reduction) และการเพิ่มความหนาแน่น (Densification)

2.2.9.2 การแปรสภาพชีวมวลด้วยกระบวนการเคมีความร้อน ได้แก่

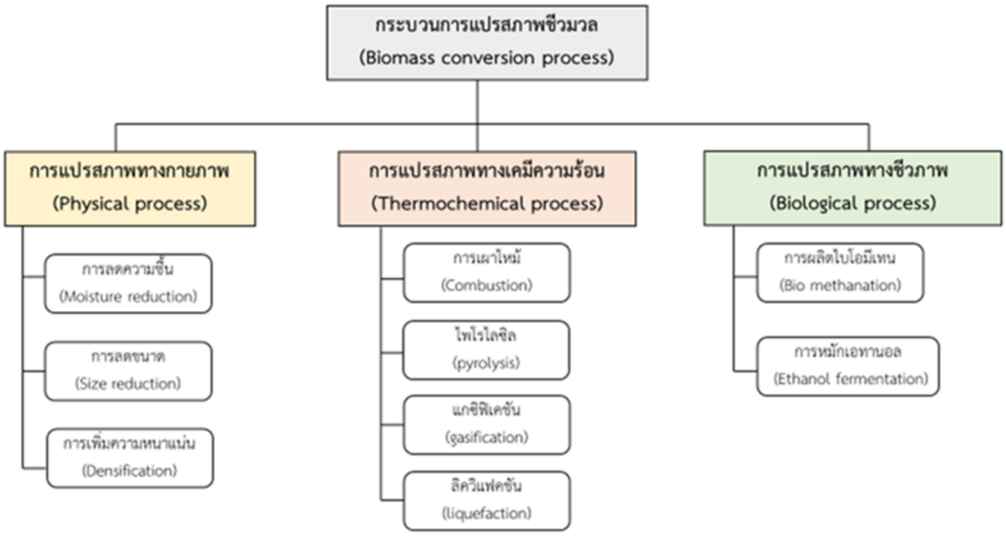
(1) การเผาไหม้โดยตรง เป็นกระบวนการแปรรูปชีวมวลโดยใช้ความร้อนในที่มีอากาศ เพื่อให้เกิดสันดาปอย่างสมบูรณ์โดยจะเกิดขึ้นสองช่วง โดยในช่วงแรกเป็นการเผาไหม้ของสารระเหยได้ ซึ่งเกิดขึ้นในวัฎภาคแก๊สเป็นปฏิกิริยาระหว่างแก๊สกับแก๊ส ส่วนช่วงที่สองเป็นการเผาไหม้ของกากของแข็งที่เหลืออยู่จากช่วงแรก คือ ถ่านชาร์ ภาวะที่เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 800-1400 องศาเซลเซียส กระบวนการเผาไหม้ชีวมวลทั้งหมดจะได้ผลผลิตเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และให้พลังงานออกมา

(2) แก๊สซิฟิเคชัน เป็นกระบวนการแปรสภาพทางเคมีความร้อนของชีวมวลทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวให้เป็นแก๊สสังเคราะห์ (Synthetic gas) ซึ่งสามารถเผาไหม้ให้ความร้อนหรือเป็นสารตั้งต้นสำหรับกระบวนการอื่นได้ แก๊สซิฟิเคชันเป็นการให้ความร้อนแก่เชื้อเพลิงชีวมวลให้เกิดการแตกสลายเชิงความร้อนในที่จำกัดปริมาณออกซิเจน ซึ่งแตกต่างจากการเผาไหม้ชีวมวลที่จะควบคุมปริมาณออกซิเจนให้เหมาะสม ดังนั้น แก๊สซิฟิเคชันจึงเป็นการแตกสลายเชิงความร้อนในที่จำกัดออกซิเจนที่ทำให้เกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะไม่เปลี่ยนพลังงานเคมีของชีวมวลให้เป็นพลังงานความร้อนทั้งหมด แต่จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊ส หรือแก๊สเชื้อเพลิง

2.2.9.3 การแปรสภาพชีวมวลทางเคมีชีวภาพ

เป็นกระบวนการเปลี่ยนชีวมวล และสารอินทรีย์ในชีวมวลให้เป็นพลังงานโดนผ่านกระบวนการทางชีวเคมี ซึ่งต้องอาศัยจุลินทรีย์และเอนไซม์ ซึ่งเป็นกระบวนการในการย่อยสลายที่ภาวะอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ทั้งนี้ ต้องการใช้พลังงานป้อนจากภายนอกค่อนข้างน้อยและมีค่าใช้จ่ายในการแปรสภาพไม่สูงมากเทียบเท่าการแปรสภาพชีวมวลด้วยวิธีอื่น โดยทั่วไปการแปรสภาพชีวมวลทางเคมีชีวภาพ สามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการเคมีคัลรีดักชัน (Chemical reduction) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศหรือออกซิเจน (Anaerobic

digestion) และกระบวนการหมัก (Fermentation) ที่ทำให้โมเลกุลที่สลับซับซ้อนของสารอินทรีย์ เช่น ในแป้งและน้ำตาล สามารถเกิดปฏิกิริยาการแตกสลายด้วยเชื้อจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย



ภาพที่ 5 กระบวนการแปรสภาพชีวมวล

2.2.10 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

การเปลี่ยนแปลงพลังงานที่สะสมอยู่ในชีวมวลออกมาใช้งานนั้น สามารถทำได้หลายวิธี และให้ผลลัพธ์เป็นพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น พลังงานความร้อน เชื้อเพลิงในสถานะต่าง ๆ ทั้งก๊าซของเหลวและเชื้อเพลิงแข็ง วิธีการ ดังกล่าวนั้นสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 3 กลุ่ม

โดยโรงไฟฟ้าชีวมวลในกลุ่มเศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตรและเศษไม้ รวมถึงของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน ส่วนมากในปัจจุบันนี้มักจะใช้ระบบการเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) โดยนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาเผาไหม้โดยตรงในหม้อไอน้ำ (Boiler) และถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นให้แก่น้ำในหม้อไอน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำดังกล่าวจะถูกนำไปปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ นอกเหนือจากการผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวแล้ว ในโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงน้ำตาล โรงกระดาษ ก็จะใช้ประโยชน์จากไอน้ำไปในขั้นตอนการผลิตของโรงงานด้วย ซึ่งการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าร่วมกันนี้ เรียกว่าระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration) ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการใช้เชื้อเพลิงสูง

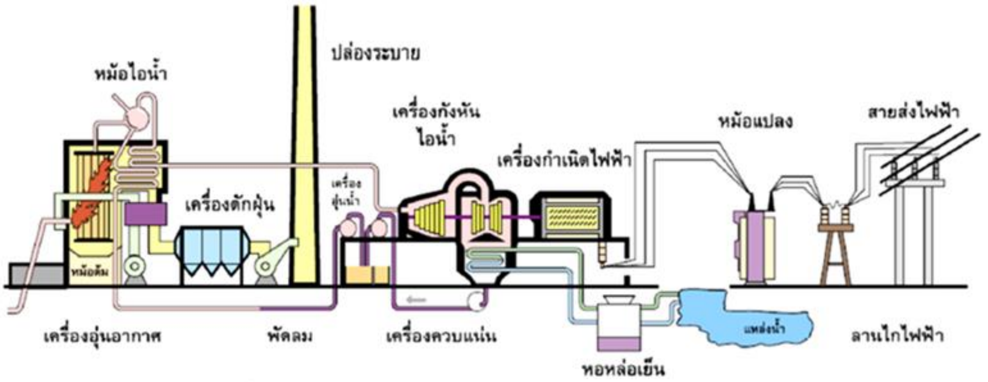
สำหรับระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) นั้นเป็นการเปลี่ยนชีวมวลให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิงซึ่งมีส่วนผสมของไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทน ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง และมีปริมาณออกซิเจนต่ำ ก๊าซที่ได้มานี้จะถูกส่งไปป้อนเครื่องยนต์เบนซินหรือเครื่องยนต์ดีเซล

ดัดแปลงเพื่อไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบแก๊สซิฟิเคชั่นนี้เป็นระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเหมาะสำหรับชุมชนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก แต่ปัญหาของระบบนี้คือน้ำมันดิน (Tar) ที่ออกมาพร้อมกับก๊าซจากการเผาไหม้ ซึ่งจะต้องมีระบบจัดการน้ำมันดินที่มีประสิทธิภาพจึงไม่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสียหาย

ทั้งนี้ สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งได้เลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตพลังงานแบบเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) และเทคโนโลยีการผลิตพลังงานแบบแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.11 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานแบบเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion)

การสันดาปเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการรวมตัวกันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วพร้อมเกิดการลุกไหม้และคายความร้อน โดยการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะไม่ใช้ออกซิเจนแต่จะใช้อากาศแทนเนื่องจากอากาศที่มีออกซิเจนอยู่ 21% โดยปริมาณ หรือ 239 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ เชื้อเพลิงชีวมวลประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ ดังนี้ คือคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจน (H_2) และธาตุอื่น ๆ ที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) ซึ่งในการเผาไหม้ที่อุณหภูมิไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO) และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้โดยตรงเป็นวิธีที่ใช้กันมากในการนำเชื้อเพลิงแข็งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการเผาให้ได้ความร้อนเพื่อเอาก๊าซร้อนไปใช้ในกระบวนการผลิต เช่น การอบแห้ง หรือการนำความร้อนที่ได้ไปผลิตไอน้ำร้อนที่มีความดันสูงเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า

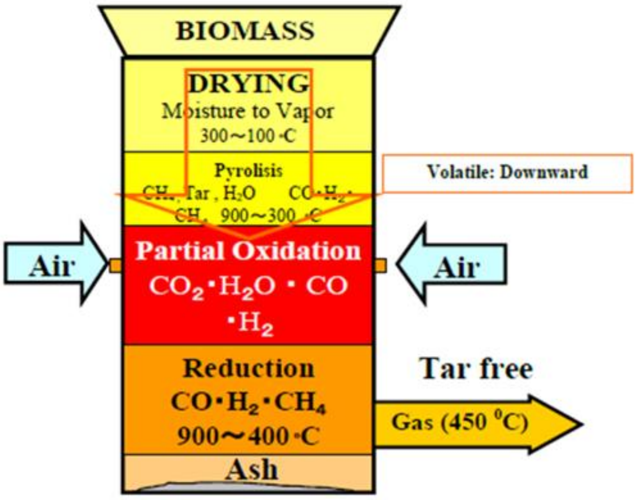


ภาพที่ 6 ตัวอย่างกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล [12]

2.2.12 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานแบบแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)

แก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) หรือกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เป็นกระบวนการแปรสภาพเชื้อเพลิงแข็งที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H_2) และ มีเทน (CH_4) กระบวนการดังกล่าว เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางอุณหเคมี (Thermochemical Conversion Process) เป็นการกลั่นสลายองค์ประกอบ

ไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ความร้อนหรือไอน้ำที่อุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะจำกัดอากาศหรือออกซิเจน (Partial Oxidation) ที่ความดัน 1 บรรยากาศขึ้นไป โดยจะเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อนและคายความร้อน ทั้งนี้ ปฏิกิริยาอุณหภูมิเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในรูปของแข็งที่มีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนให้เป็นก๊าซที่เผาไหม้ได้ โดยสามารถประยุกต์ใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่น การเผาเชื้อเพลิงชีวมวล การเผาขยะมูลฝอย รวมทั้งกากตะกอนน้ำเสีย ปฏิกิริยาอุณหภูมิเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 7 ปฏิกิริยาอุณหภูมิเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น [12]

2.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.3.1 กรอบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงาน ตามคู่มือ IPCC 2006 แบ่งขอบเขตออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม 1A การเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fuel Combustion) 1B การรั่วไหลจากเชื้อเพลิง (Fugitive Emission from Fuels) และ 1C การขนส่งและการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide transport, Injection and Geological storage)

โดยในงานวิจัยนี้จะดำเนินการประเมินก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ของกลุ่ม 1A การเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1.1 กลุ่ม 1A การเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fuel Combustion) แบ่งออกเป็น 5 หมวดหมู่ ประกอบด้วย

(1) 1A1 อุตสาหกรรมพลังงาน (Energy Industries)

(2) 1A2 อุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง (Manufacturing Industries and Construction)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) 1A3 การขนส่ง (Transport)

(4) 1A4 อื่น ๆ (Other Sectors)

(5) 1A5 ไม่สามารถระบุได้ (Non-Specified)

โดยในแต่ละสาขามีการแบ่งเป็นสาขาย่อย ได้แก่ การเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) และการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้

(1) การเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ได้แก่ สาขา 1A1,1A2, 1A4

(2) การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ได้แก่ สาขา 1A3 และ 1A5

2.3.1.2 ขอบเขตการประเมินก๊าซเรือนกระจก ตามคู่มือ IPCC 2006

ตารางที่ 3 ขอบเขตการประเมินก๊าซเรือนกระจก ตามคู่มือ IPCC 2006 [13]

หมวดหมู่	**หมวดย่อย**
1A การเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fuel Combustion) • ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass fuel) จะไม่นับรวมในส่วนนี้ เนื่องจากถูกนับรวมไว้ในภาคเกษตร ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Agriculture, Forestry and Other Land Use: AFOLU) แล้ว ส่วนก๊าซอื่น ๆ เช่น มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จะถูกนับรวมในภาคนี้ • กิจกรรมการเผาไหม้ของเสียเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานจะถูกนำมารวมในสาขานี้ เช่น โรงเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า	
1A1 อุตสาหกรรมพลังงาน (Energy Industries) ครอบคุลมกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากอุตสาหกรรมการผลิตพลังงาน	**1A1a การผลิตไฟฟ้าและความร้อน (Main Activity Electricity and Heat Production)** ครอบคลุมกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้าและความร้อนเพื่อใช้เป็นสาธารณูปโภคภายในประเทศ ทั้งที่เป็นของรัฐและเอกชน รวมถึงการผลิตเพื่อใช้เอง (Own-on-site use) แต่จะไม่รวมการผลิตเพื่อใช้สนับสนุนการประกอบกิจกรรมอื่น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.1.3 วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงานตามคู่มือ IPCC 2006 ใช้ข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data: AD) คือ ข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน และ 2) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

2.3.1.4 วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าและความร้อน

การคำนวณการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าและความร้อน ประกอบด้วย 3 ระดับการคำนวณ ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้จะใช้ระดับคำนวณที่ 1 (Tier 1)

ระดับการคำนวณที่ 1 (Tier 1) : การคำนวณโดยใช้ค่า IPCC Default Emission Factor ตามคู่มือ IPCC 2006 โดยจะใช้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด คูณกับค่า IPCC Default Emission Factor ของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด โดยมีสมการดังนี้

$$GHG = AD \times EF \quad (3)$$

โดยที่ GHG = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)

AD = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)

EF = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิง (t GHG/TJ)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน ในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการคำนวณในระดับเทียร์ที่ 1 (Tier 1) เนื่องจากข้อมูลกิจกรรมที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถบ่งบอกได้แต่เพียงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภท

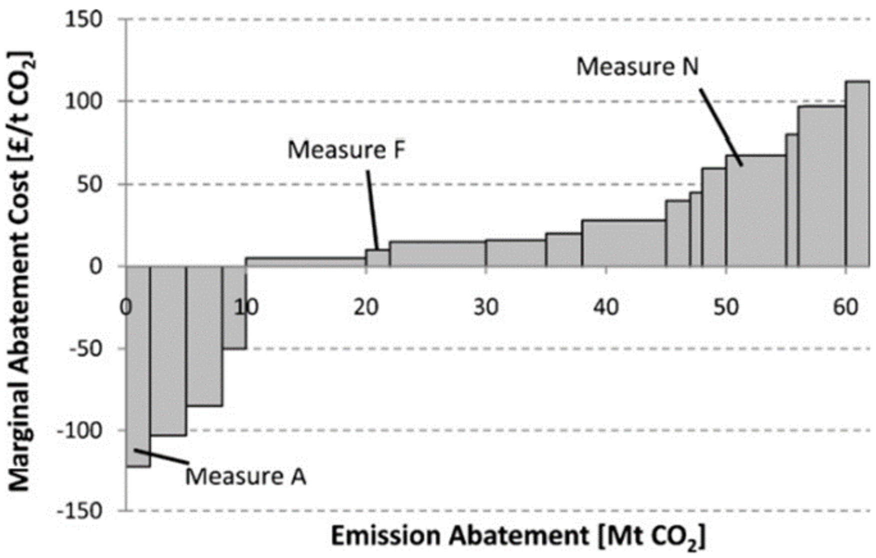
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC)

2.4.1 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC)

เป็นเครื่องมือที่ใช้การวิเคราะห์และคัดเลือกมาตรการโดยใช้เกณฑ์ “ต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย” และศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก” ของแต่ละมาตรการเป็นหลัก โดยมาตรการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุดจะถูกเลือกเป็นลำดับแรก มาตรการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นจะถูกเลือกในลำดับถัดมา จนกระทั่งผลรวมของปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสมเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จุดเด่นของเครื่องมือนี้คือการบริหารการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพและสามารถเชื่อมโยงกับเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

โดย MAC ถูกกำหนดเป็นแผนภาพที่แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายและประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยแสดงค่าใช้จ่ายในแกน Y ซึ่งแสดงเป็นสกุลเงินที่นำมาวิเคราะห์ และแสดงปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแกน X ซึ่งแสดงเป็นหน่วยกิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCo_2e) โดยข้อมูลของแต่ละชุด แสดงถึงมาตรการที่นำมาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเรียงตามลำดับความคุ้มค่าของแต่ละมาตรการ MACC



ภาพที่ 8 Marginal Abatement Cost Curve : MACC [14]

2.4.2 การใช้ MACC เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนด้วยวิธีการคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost Curve : MACC) ซึ่งเป็นดัชนีตัวหนึ่งที่มีความสามารถในการประเมินทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน สามารถช่วงในการจัดวางเรียงลำดับเทคโนโลยีหรือมาตรการ ตามระดับต้นทุนของเทคโนโลยีโดยเริ่มจากเทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำสุดไปสูงสุด MACC ไม่ได้จำกัดเฉพาะการศึกษาด้านปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่สามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วไป ในการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างการเพิ่มศักยภาพของเศรษฐกิจที่ดีขึ้นต่อต้นทุนส่วนเพิ่มที่เกี่ยวข้องหรือต้นทุนหน่วยสุดท้าย ทั้งนี้ข้อมูลจาก Web of Science (WOS) พบว่า MACC มักถูกใช้ในการวิเคราะห์ด้านนโยบายด้านพลังงาน ด้านเศรษฐศาสตร์พลังงาน และด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

2.4.3 การคำนวณหา MAC โดยมีสมการดังนี้ [15]

$$MAC = \left(\frac{IC_t + OM_t + \sum CC_t - S_t}{AEF}\right) \quad (4)$$

โดยที่ MAC คือ ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของโครงการหรือเทคโนโลยี (บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

IC_t คือ ค่าใช้จ่ายลงทุนในปีแรกเริ่มของเทคโนโลยี (บาท)

OM_t คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและดูแลรักษา (บาท)

S_t คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการ (บาท)

$\sum CC_t$ คือ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดโครงการ

AEF คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้รายปี (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

2.4.4 การศึกษาต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทยมีการศึกษาต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ได้แก่ การศึกษาต้นทุนการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้โครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานระยะที่ 2 ของบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยการศึกษาต้นทุนการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้จากการใช้เทคโนโลยีประหยัดพลังงานประเภทต่าง ๆ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ชีวมวล พลังน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และขยะ ทั้งนี้ พบว่าการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงานมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ ในต้นทุนส่วนเพิ่มต่อหน่วยพลังงานที่ประหยัดได้ และต้นทุนส่วนเพิ่มต่อหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้ ดังนั้น จึงควรมีการนำเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงมาใช้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งต้องใช้ต้นทุนสูง แต่ด้วยงบประมาณที่จำกัดภาครัฐควรสนับสนุนพลังงานหมุนเวียนประเภทที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำในระยะแรก ได้แก่ พลังงาน ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล และพลังงานน้ำ ต้นทุนต่อหน่วยในระยะถัดมา ได้แก่ พลังงานลมและขยะ และการให้เงินอุดหนุนเทคโนโลยีที่มีต้นทุนสูง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tser-Yieth Chen (2009) [16] ได้ทำการศึกษา เรื่อง การวางแผนการใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนด้วยการวิเคราะห์สถานการณ์ในประเทศไต้หวัน โดยการศึกษากรณีการประยุกต์ใช้กระบวนการวางแผนการพัฒนาเทคโนโลยี และการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไต้หวันด้วยการวิเคราะห์ฉากทัศน์ (Scenario analysis) โดยกระบวนการวางแผนเริ่มต้นด้วยการตัดสินใจเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้นำในสังคม จากนั้น ทำการจะสร้างชุดทางเลือกเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยีพลังงานลม, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานชีวภาพ

ทั้งนี้ กระบวนการในการศึกษานี้จะสร้างสถานการณ์ให้ครอบคลุมความไม่แน่นอนของปัจจัยเทคโนโลยีและการตัดสินใจในอนาคต โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1). ระบุเกณฑ์ในการจัดสรรทรัพยากร 2) เลือกเทคโนโลยี 3) วิเคราะห์สถานการณ์ และ 4) พิจารณาทางเลือกภายใต้การวิเคราะห์ปัจจัย โดยพบการศึกษาพบว่า ความไม่แน่นอนในการพัฒนาพลังงานทดแทนในอนาคตของประเทศไต้หวันในช่วงปี พ.ศ. 2550-2560 ได้แก่ ความเสี่ยงจากการเผชิญกับโลกร้อน การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่มีความก้าวหน้า, และนโยบายพลังงานของรัฐบาล

วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ (2554) [17] ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการสร้างโครงสร้างเศรษฐกิจต่อระบบพลังงานในประเทศไทย โดยการสำรวจฉากทัศน์เกี่ยวกับพลังงานและก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง ด้วยภาพสถานการณ์พลังงานที่แตกต่างกันถึงปี 2030 โดยฉากทัศน์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจภายใต้นโยบายพลังงานปัจจุบัน ซึ่งเรียกว่า 'ฉากทัศน์ที่อ้างอิง (REF)' จะถูกจำลองขึ้นจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจในภาคอุตสาหกรรมและบริการ และแผนด้านพลังงาน เช่น แผนพลังงานทดแทน แผนการอนุรักษ์พลังงาน โดยเป้าหมายในทางเปรียบเทียบ ได้กำหนดฉากทัศน์ที่แตกต่าง คือ กรณีมีการเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ (ECOS) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเป้าหมายในการเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ โดยกรณีนี้กิจกรรมในภาคการเกษตรและบริการจะมีความสำคัญมากขึ้น ในขณะที่กิจกรรมในภาคอุตสาหกรรมกำลังเติบโตช้าลง ทั้งนี้ การวิจัยได้ใช้โมเดลการคำนวณพลังงาน ชื่อ 'Long-range Energy Alternative Planning system (LEAP) โดยผลการศึกษาพบว่า ผลกระทบของการเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจต่อความต้องการและการจัดหาพลังงาน โดยอิงตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากอุตสาหกรรมไปสู่การบริการ ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ กรณีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจยังแสดงให้เห็นถึงการลดลงที่สำคัญของเชื้อเพลิงฟอสซิลและความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากการเติบโตของอุตสาหกรรมที่ช้าลง ในขณะเดียวกัน ความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าฉากทัศน์ที่อ้างอิง (REF) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมการขนส่งที่มีการใช้พลังงานสูง ดังนั้น ในการเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ ECOS ได้พิจารณารวมแผนกิจกรรมการขนส่งที่เพิ่มขึ้นเพื่อคำนวณการใช้เชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลงไปจากฉากทัศน์ที่อ้างอิง ทั้งนี้ นโยบายและแผนด้านพลังงานแห่งชาติควรมีการปรับให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านพลังงาน

ทวีชัย อนันทวณิชชยา (2549) [18] ได้วิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากชีวมวลในจังหวัดชัยภูมิ โดยหาศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งของพืชผลทางการเกษตร ทั้งในด้านปริมาณ คุณภาพ ราคา และขนส่ง รวมถึงการหารศักยภาพชีวมวลจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ โดยงานวิจัยนี้ได้เลือก

จังหวัดชัยภูมิ เนื่องจากเป็นหนึ่งในสี่ของจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีศักยภาพสูงสุดแต่กลับมีรายได้น้อย โดยได้เลือกศึกษาพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ดังนี้ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย ทั้งนี้ วิธีการดำเนินการใช้วิธีวิเคราะห์เชิงบรรยาย และเปรียบเทียบ โดยใช้แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อหาศักยภาพพลังงานจากชีวมวลของจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งศักยภาพพลังงานชีวมวลในรูปแบบการเผาไหม้โดยตรงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้งหมด 35.823 ล้านจิกะจูล คิดเป็นรายได้ 4,577 ล้านบาทเมื่อนำการผลิตไฟฟ้าขาย โดยศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีศักยภาพสูงที่สุด รองลงมาคือ น้ำเสีย และกากน้ำตาล ทั้งนี้ ได้มีข้อเสนอแนะว่าควรมีมาตรการส่งเสริมให้เกษตรนำฟางข้าวมาซื้อ จัดให้มีตลาดกลางโดยมีราคากลางรับซื้อชีวมวลต่าง ๆ รวมถึงมีมาตราส่งเสริมให้โรงงานแปรรูปทางการเกษตร

พุฒิชาติ คิดหาทอง (2557) [19] ได้ทำการศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ณ ปัจจุบัน และนำไปเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2573 โดยได้ชีวมวล ที่นำมาศึกษาจากพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน ซึ่งได้แบ่งเป็นสองประเภท คือ ประเภทกระจุกตัว และประเภทกระจายตัว ทั้งนี้ การศึกษานี้ได้ทำการประเมินศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าของประเทศโดยให้ความสำคัญกับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ พื้นที่เพาะปลูกและขอบเขตพื้นที่ที่มีศักยภาพในการใช้ชีวมวลเพื่อการผลิตไฟฟ้า โดยข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่ผลิตได้ นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ระยะห่างของสายส่งไฟฟ้า และโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กและเล็กมาก โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการทำแผนที่ และจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีศักยภาพในการนำชีวมวลมาใช้ผลิตไฟฟ้า โดยศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลประเภทกระจุกตัวมี 1,865 เมกะวัตต์ และประเภทกระจายตัวมี 6,882 เมกะวัตต์ ซึ่งศักยภาพรวมของชีวมวลทั้งสองประเภทคิดเป็น 2.7 เท่าของกำลังการผลิตไฟฟ้าตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 และยังพบว่าชีวมวลประเภทกระจุกตัวที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดคือ แกลบ 714 เมกะวัตต์ ส่วนประเภทกระจายตัว คือฟางข้าว 1,788 เมกะวัตต์

ขรรค์ชัย บริบูรณ์ (2553) [20] ได้ทำการประเมินศักยภาพของพลังงานชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ซึ่งการเปลี่ยนชีวมวลเป็นพลังงานได้ใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ รวมถึงได้มีทำการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการนำชีวมวลมาผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีการกำหนดเป้าหมาย คือ ราคาต้นทุนในการสร้างโรงไฟฟ้ารวมต่ำที่สุด โดยมีตัวแปรตัดสินใจ คือ ปริมาณชีวมวลและขนาดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม จากข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการสะสมชีวมวลรอบโรงไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 178.35 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี และมีรัศมีครอบคลุมชีวมวล 10 กิโลเมตร ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 8.3 เมกกะวัตต์ และมีปริมาณเชื้อเพลิง

ที่ได้จากแกลบ 100,447 ตันต่อปี โดยราคาต้นทุนรวมต่ำสุดของโครงการ เท่ากับ 249.12 ล้านบาท โดยต้นทุนส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนของต้นทุนค่าเชื้อเพลิง

เทวรักษ์ พลยมมา (2555) [21] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางพลังงานในการนำพืชชีวมวลเหลือทิ้งตามแหล่งเพาะปลูก มาผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำ ในพื้นที่ศึกษา 5 จังหวัดภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งชีวมวลที่ทำการศึกษา ได้แก่ ฟางข้าว ใบอ้อย ยอดอ้อย ลำต้นข้าวโพด ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง โดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางพลังงานเทียบเท่าปริมาณน้ำมันดิบจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากชีวมวลกับพลังงานฟอสซิลที่ใช้ไป และพิจารณาการเก็บรวบรวมพืชชีวมวลเหลือทิ้งตามแหล่งเพาะปลูกเพื่อขนส่งไปยังโรงไฟฟ้า ในการคำนวณหาศักยภาพพลังงานชีวมวล จะพิจารณาจากข้อมูลเชิงพื้นที่ในการเพาะปลูก การผลิตพืชชีวมวลจริง และเส้นทางคมนาคมขนส่งทางถนน ในปี พ.ศ. 2553 โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ระยะทางการขนส่งที่สั้นที่สุด เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและยั่งยืนในการนำเอาชีวมวลเหลือทิ้งในแหล่งเพาะปลูกมาผลิตไฟฟ้า ซึ่งผลการศึกษาพบว่าความเป็นไปได้ทางพลังงานในกรณีที่มีโรงไฟฟ้าจะมีขนาดไม่เกิน 10 เกกะวัตต์ ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้ามีระยะห่างจากจุดเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ (2551) [22] ได้ทำการประเมินศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย จำนวน 9 ประเภท ได้แก่ ชานอ้อยและวัสดุเหลือทิ้งจากอ้อยโรงงาน แกลบ ฟางข้าว ซังข้าวโพด ลำต้นมันสำปะหลัง วัสดุเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมัน วัสดุเหลือทิ้งจากฝ้าย วัสดุเหลือทิ้งจากถั่วลิสง และถั่วเหลือง โดยได้ทำการประเมินศักยภาพชีวมวลจากแบบจำลองการประเมินอุปทานตามประเภทชีวมวล ซึ่งปริมาณชีวมวลในแต่ละปีที่ได้จะขึ้นอยู่กับ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตต่อไร่ และสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต พบว่าศักยภาพในเชิงปริมาณอยู่ในช่วงประมาณ 5,489 ถึง 10,083 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อไป โดยมีปริมาณชีวมวลคงเหลือสำหรับผลิตไฟฟ้าในระบบร่วมผลิตความร้อนและกำลัง โดยมีกำลังการผลิตรวมสูงสุด 698 MW และสามารถลดการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณ 5,436 GWh ต่อปี โดยสามารถลดการพึ่งพากำลังผลิตจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล 14,210 MW

ธนวรกฤต โอฬารธนพร (2563) [23] ได้ทำการประเมินก๊าซเรือนกระจกและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลแม่ทะ จังหวัดลำปาง ซึ่งจะทำการประเมินในปี 2562 ซึ่งได้กำหนดก๊าซเรือนกระจกที่จะประเมินดังนี้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CN_4) ไนตัสออกไซด์ (N_2O) กลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC_s) กลุ่มเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PEC_s) ซัลเฟอร์เฮ็กซาฟลูโอไรด์ (SF_6) และไนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ซึ่งในการประเมินมีการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน โดยแบ่งออกเป็นกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ซึ่งครอบคลุมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร ประเภทที่ 2 การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมขององค์กร จากการใช้พลังงานไฟฟ้า และประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมขององค์กร จากการจัดการขยะ ทั้งนี้ การประเมินก๊าซเรือนกระจก ได้ใช้สมการและการคำนวณตามคู่มือการประเมินก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการนำข้อมูลกิจกรรม (Activity data: AD) คูณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) โดยพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาการใช้ไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 มีค่าเท่ากับ 44.02 tCO_2eq

พิชญ์สินี เมืองใจ และคณะ (2561) [24] ได้ทำการประเมินต้นทุนการลดคาร์บอนจากเทคโนโลยีพลังงานทดแทนสำหรับการผลิตความร้อนในประเทศไทย โดยทำการประเมินต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (MAC) ในประเทศไทย จากการผลิตพลังงานความร้อนด้วยพลังงานทดแทน ได้แก่ พลังงานหมุนเวียนตามธรรมชาติ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานหมุนเวียนชีวภาพ ได้แก่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และของเสีย โดยได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของเทคโนโลยีประกอบด้วย ต้นทุนการลงทุน ต้นทุนการดำเนินงาน ต้นทุนค่าบำรุงรักษา และต้นทุนค่าเชื้อเพลิง ในระหว่างปี 2557 - 2561 ซึ่งพบว่าในปี 2561 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือน (MAC) ของกลุ่มพลังงานหมุนเวียนชีวภาพ อยู่ในช่วง -18,757.67 ถึง 3,718.38 บาท/tCO_2eq โดยขยะมีต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุด รองลงมาคือ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ ตามลำดับ ทั้งนี้ ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือน (MAC) เป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดลำดับเทคโนโลยีและนโยบายภาครัฐในการลดก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังเป็นตัวบ่งชี้ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการเลือกเทคโนโลยีที่มีความคุ้มค่า

พิชญ์สินี เมืองใจ และคณะ (2561) [25] ได้วิเคราะห์ต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย โดยทำการประเมินต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (MAC) ในประเทศไทย จากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนซึ่งประกอบด้วย พลังงานหมุนเวียนตามธรรมชาติ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ และพลังงานหมุนเวียนชีวภาพ ได้แก่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และของเสีย โดยได้กำหนดสถานการณ์พื้นฐาน (Baseline) คือการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งพบว่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานหมุนเวียนตามธรรชาติอยู่ระหว่าง -4,780.80 ถึง 5,248.82 บาท/tCO_2eq และประเภทพลังงานหมุนเวียนชีวภาพ อยู่ระหว่าง -4,913.82 ถึง 134.29 บาท/tCO_2eq โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (MAC) ได้แก่ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า เทคโนโลยี และขนาด ทั้งนี้ การพิจารณาต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (MAC) จะพิจารณาทั้งในส่วนที่เป็นต้นทุนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในการนำไปกำหนดมาตรการ แนวทางและนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยความไม่แน่นอนที่ส่งผลต่อศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรของประเทศไทย

3.1 การรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ข้อมูลจำพวกค่าสถิติต่าง ๆ ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัย บทความ วารสาร หนังสือ เอกสารทางวิชาการ ข้อมูลสถิติจากหน่วยงานที่เปิดเผยเป็นสาธารณะ

3.1.1 ข้อมูลการวิเคราะห์ฉากทัศน์ ทำการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ฉากทัศน์ จากหนังสืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงศึกษาจากกรณีตัวอย่าง เพื่อเรียนรู้กระบวนการ และวิธีการในการวิเคราะห์ฉากทัศน์

3.1.2 ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ทำการรวบรวมข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม เอกสารทางวิชาการ งานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้อง

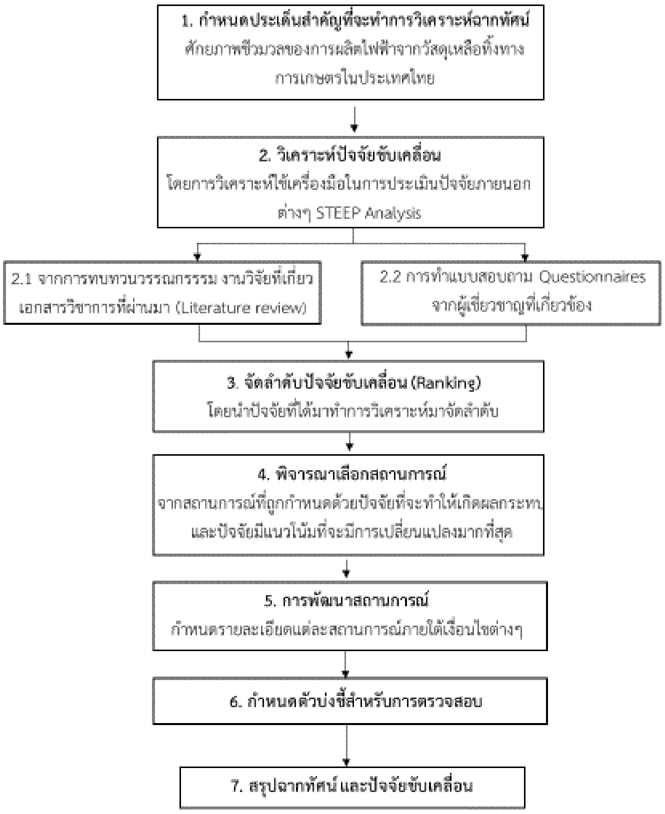
3.1.3 ข้อมูลเชื้อเพลิงชีวมวล ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรย้อนหลังทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และยางพารา จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลสัดส่วนการเก็บผลผลิต ข้อมูลสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า อัตราการเกิดชีวมวลต่อผลผลิต ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ และค่าความร้อนของชีวมวล จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ข้อมูลราคาเชื้อเพลิงชีวมวล จากกลุ่มโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล บริษัท แอ๊บโซลูท คลีน เอ็นเนอร์จี้ จำกัด (มหาชน)

3.1.4 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตไฟฟ้า โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (กรณีฐาน) โดยข้อมูลราคาก๊าซธรรมชาติ ค่าความร้อน (Heat rate) และประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า อัตรารับซื้อไฟฟ้า จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล โดยข้อมูลประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ต้นทุนค่าก่อสร้าง (CAPEX) และต้นทุนค่าดำเนินการ (OPEX) จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และข้อมูลอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

3.1.5 ข้อมูลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำการศึกษาแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากคู่มือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน ตามคู่มือ IPCC 2006 และโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจมาตรฐานของประเทศไทย (T-VER) โดยรวบรวมข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย (Grid Emission Factor) และราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิต จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

3.2 กรอบขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

สำหรับงานวิจัยการวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย มีขั้นตอนการดำเนินการ 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 กำหนดประเด็นสำคัญที่จะทำการวิเคราะห์ฉากทัศน์ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ฉากทัศน์ของศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย

3.2.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยการกำหนดปัจจัยจะพิจารณาจาก 2 ส่วน ดังนี้

3.2.2.1 การทบทวนวรรณกรรม (Literature review) โดยรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศ

3.2.2.2 การทำแบบสอบถาม (Questionnaires) จากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้ทำการแบ่งกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1. กลุ่มผู้กำหนดนโยบายภาครัฐและรัฐวิสาหกิจ 2. กลุ่มภาคเอกชน 3. กลุ่มอาจารย์และนักวิจัย

3.2.3 การจัดลำดับปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) ต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทยในอนาคต

3.2.3.1 การจัดลำดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) ต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทยในอนาคต

3.2.3.2 การจัดลำดับปัจจัย จะใช้วิธีการทำแบบสอบถาม (Questionnaires) จากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

3.2.4 พิจารณาเลือกสถานการณ์ จากสถานการณ์ที่ถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ และปัจจัยมีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดต่อศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในอนาคต เพื่อวิเคราะห์ฉากทัศน์ที่แตกต่างกัน

3.2.5 การพัฒนาสถานการณ์ กำหนดรายละเอียดแต่ละสถานการณ์ภายใต้ปัจจัยและเงื่อนไขต่าง ๆ โดยในแต่ละสถานการณ์จะสะท้อนปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน

3.2.6 กำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบ เป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินผลของการวิเคราะห์ฉากทัศน์ ทั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้กำหนดสมมติฐานตัวบ่งชี้ในการตรวจสอบสถานการณ์ซึ่งเป็นปัจจัยเชิงปริมาณในการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค

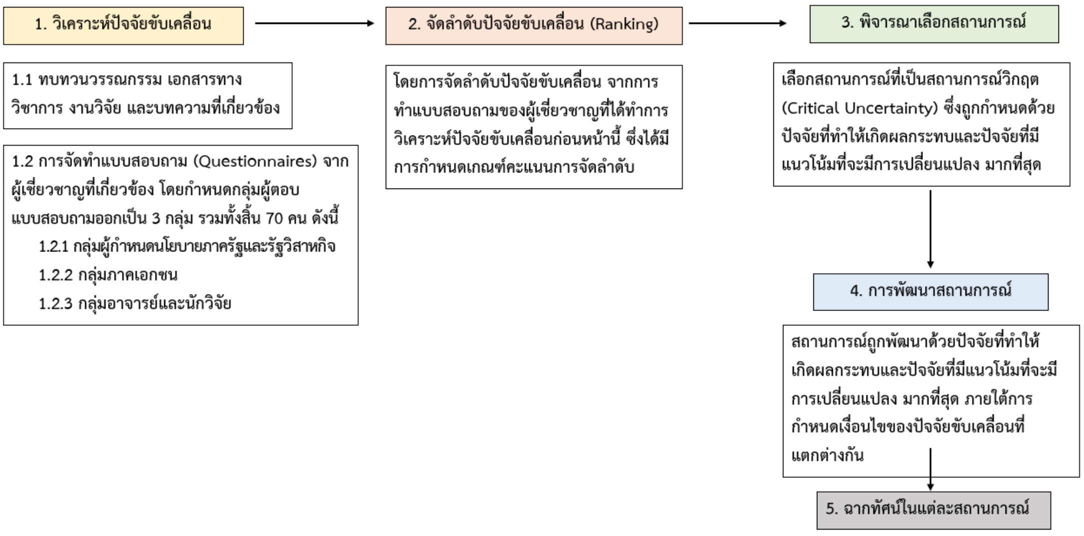
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
การวิเคราะห์ฉากทัศน์

งานวิจัยนี้ได้ทำวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยในบทที่ 4 จะแสดงให้ถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ฉากทัศน์ การวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อน และผลการวิเคราะห์ฉากทัศน์ในแต่ละสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขของปัจจัยขับเคลื่อนที่แตกต่างกัน จากนั้นได้กำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบฉากทัศน์ รวมถึงการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ ซึ่งจะแสดงในบทที่ 5 โดยจะกล่าวในบทต่อไป และทำการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในบทที่ 6

4.1 การวิเคราะห์ฉากทัศน์

งานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อน และจัดลำดับปัจจัยต่าง ๆ ตามระดับความไม่แน่นอน จากนั้นพิจารณาเลือกสถานการณ์วิกฤต (Critical Uncertainty) ซึ่งถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง มากที่สุด เพื่อพัฒนาสถานการณ์ภายใต้การกำหนดเงื่อนไขของปัจจัยขับเคลื่อนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ ได้แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ฉากทัศน์ของงานวิจัยดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการวิเคราะห์ฉากทัศน์

4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อน โดยแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1.1.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย จากการทบทวนวรรณกรรม เอกสารทางวิชาการ งานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้อง โดยในการวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อนได้ใช้เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก ตามแนวทางทฤษฎี STEEP Analysis เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อนให้ครอบคลุมทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านนโยบาย (Policy) 2) ด้านเศรษฐกิจ (Economic) 3) ด้านเทคโนโลยี (Technology) 4) ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) และ 5) ด้านสังคม (Social)

4.1.1.2 การจัดทำแบบสอบถาม (Questionnaires) จากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยมีขั้นตอนการทำแบบสอบถาม ดังนี้

(1) กำหนดกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1. กลุ่มผู้กำหนดนโยบายภาครัฐและรัฐวิสาหกิจ 2. กลุ่มภาคเอกชน 3. กลุ่มอาจารย์และนักวิจัย รวมทั้งสิ้น 70 คน

ตารางที่ 4 กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม

กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
1. กลุ่มผู้กำหนดนโยบายภาครัฐและรัฐวิสาหกิจ	• ผู้กำหนดนโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้องด้านชีวมวลด้านแผนพลังงานทดแทน ได้แก่ กรมพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักงานโยบายและแผนพลังงาน และหน่วยงานอื่นๆในกระทรวงพลังงาน • การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค • สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน
2. กลุ่มภาคเอกชน	• กลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล • บริษัทเอกชนที่ดำเนินการด้านการผลิตไฟฟ้า หรือที่เกี่ยวข้องกับพลังงานหมุนเวียน
3. กลุ่มอาจารย์และนักวิจัย	• อาจารย์และผู้ที่ทำวิจัยที่ทำวิจัยด้านชีวมวล

(2) กำหนดรูปแบบของคำถาม โดยแบ่งคำถามออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) การวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อน 3) การจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(3) ตรวจสอบและปรับปรุงแบบสอบถามให้มีความสมบูรณ์ และทดสอบแบบสอบถาม

(4) จัดส่งแบบสอบถามให้กับผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

(5) วิเคราะห์และสรุปผลปัจจัยขับเคลื่อนที่ได้จากแบบสอบถาม

รายละเอียดแบบสอบถาม ภาคผนวก ก

4.1.2 การวิเคราะห์การจัดลำดับปัจจัยเคลื่อน

ทำการวิเคราะห์การจัดลำดับปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน จากการทำแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อนกาอนหน้านี้ ซึ่งได้มีการกำหนดเกณฑ์คะแนนการจัดลำดับ ดังตารางที่ 5

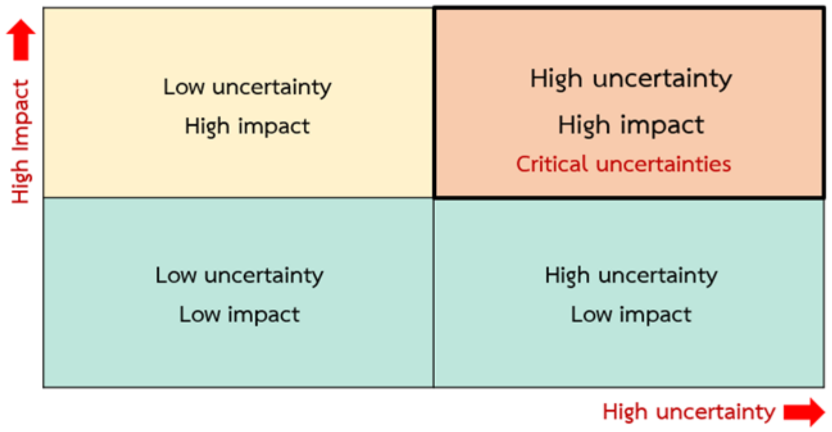
ตารางที่ 5 เกณฑ์คะแนนการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน

ระดับปัจจัย	**เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนน)**
ปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)	
ระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบมากที่สุด	5
ระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบมาก	4
ระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบปานกลาง	3
ระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบน้อย	2
ระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด	1
ปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)	
ระดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด	5
ระดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงมาก	4
ระดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง	3
ระดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย	2
ระดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด	1

นอกจากนี้การพิจารณาการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน จะพิจารณาหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ และปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งสถานการณ์ต่างๆ

4.1.3 วิเคราะห์การเลือกสถานการณ์

การเลือกสถานการณ์ จะพิจารณาเลือกสถานการณ์ที่เป็นสถานการณ์วิกฤต (Critical Uncertainty) ซึ่งถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง มากที่สุด เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดฉากทัศน์ที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 11 การวิเคราะห์การเลือกสถานการณ์

4.1.4 การวิเคราะห์การพัฒนาสถานการณ์

การพัฒนาสถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ถูกพัฒนาด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง มากที่สุด ที่ส่งผลต่อฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ภายใต้การกำหนดเงื่อนไขของปัจจัยขับเคลื่อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละสถานการณ์จะถูกกำหนดด้วยชื่อที่แสดงถึงลักษณะปัจจัยทั้งหมด เพื่อแสดงถึงคุณลักษณะของสถานการณ์นั้น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ผลการวิเคราะห์ฉากทัศน์

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อน โดยแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย จากการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้า พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพชีวมวล ได้แก่

(1) ปัจจัยเชิงพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก/พื้นที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิตต่อไร่ สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต

(2) ปัจจัยด้านสถานที่ตั้ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้า จุดเก็บเกี่ยวหรือจุดรวบรวมชีวมวล ระยะห่างของสายส่งไฟฟ้า

(3) ปัจจัยด้านต้นทุน ได้แก่ ราคาเชื้อเพลิง ต้นทุนค่าขนส่ง

โดยสามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้า จากการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยจากการทบทวนวรรณกรรม

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
ทวีชัย อนันทวณิชชยา (2549) [18]	การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากชีวมวลในจังหวัดชัยภูมิ	การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากชีวมวลในจังหวัดชัยภูมิ โดยหาศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งของพืชผลทางการเกษตร ทั้งในด้านปริมาณ คุณภาพ ราคา และขนส่ง รวมถึงการหาศักยภาพชีวมวลจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ โดยได้เลือกศึกษาพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ทั้งนี้ วิธีการดำเนินการใช้วิธีวิเคราะห์เชิงบรรยาย ซึ่งศักยภาพพลังงานชีวมวลในรูปแบบการเผาไหม้โดยตรงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทั้งหมด 35.82 ล้านจิกะจูล คิดเป็นรายได้ 4,577 ล้านบาท ทั้งนี้ ได้มีข้อเสนอแนะว่าควรมีมาตรการส่งเสริมให้เกษตรนำฟางข้าวมาชื้อ จัดให้มีตลาดกลางโดยมีราคากลางรับซื้อชีวมวลต่าง ๆ รวมถึงมีมาตราส่งเสริมให้โรงงานแปรรูปทางการเกษตร	• จัดให้มีตลาดกลางโดยมีราคากลางรับซื้อชีวมวลต่าง ๆ
พุฒิชาติ คิดหาทอง (2557) [19]	การศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย	การศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ณ ปัจจุบัน และนำไปเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2573 ซึ่งชีวมวลที่นำมาศึกษาจากพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด โดยการศึกษานี้ได้ทำการประเมินศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าของประเทศ โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ พื้นที่เพาะปลูกและขอบเขตพื้นที่ที่มีศักยภาพในการใช้ชีวมวลเพื่อการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ระยะห่างของสาย	• พื้นที่เพาะปลูก • ระยะห่างขอสายส่งไฟฟ้า • ตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก • ขอบเขตพื้นที่ที่มี

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
		ส่งไฟฟ้า และโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กและเล็กมาก ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีศักยภาพในการนำชีวมวลมาใช้ผลิตไฟฟ้า โดยศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลประเภทกระจุกตัว 1,865 MW และประเภทกระจายตัว 6,882 MW	ศักยภาพในการใช้ชีวมวลเพื่อการผลิตไฟฟ้า • ระยะห่างของสายส่ง
เทวรักษ์ พลยมมา (2555) [26]	การศึกษาความเป็นไปได้ทางพลังงานในการนำพืชชีวมวลเหลือทิ้งตามแหล่งเพาะปลูกมาผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำพื้นที่ศึกษา 5 จังหวัดภาคกลางของประเทศไทยโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	การศึกษาความเป็นไปได้ทางพลังงานในการนำพืชชีวมวลเหลือทิ้งตามแหล่งเพาะปลูก มาผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำ ในพื้นที่ศึกษา 5 จังหวัดภาคกลางของประเทศไทย ในการคำนวณหาศักยภาพพลังงานชีวมวล จะพิจารณาจากข้อมูลเชิงพื้นที่ในการเพาะปลูก การผลิตพืชชีวมวลจริง โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ระยะทางการขนส่งที่สั้นที่สุด ผลการศึกษาพบว่าความเป็นไปได้ทางพลังงานในกรณีที่มีโรงไฟฟ้าจะมีขนาดไม่เกิน 10 MW	• ระยะห่างของโรงไฟฟ้าและจุดเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม
จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ (2551) [22]	การศึกษาศักยภาพของพลังงานชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้า	การประเมินศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยได้ทำการประเมินศักยภาพชีวมวลจากแบบจำลองการประเมินอุปทานตามประเภทชีวมวลซึ่งปริมาณชีวมวลในแต่ละปีที่ได้จะขึ้นอยู่กับ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตต่อไร่และสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต พบว่าศักยภาพในเชิงปริมาณอยู่ในช่วงประมาณ 5,489 ถึง 10,083 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี	• พื้นที่เพาะปลูก/พื้นที่เก็บเกี่ยว • ปริมาณผลผลิตต่อไร่และสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
ปฏิภาณ ชุมรุม (2561) [27]	มาตรการทางกฎหมายในการส่งเสริมโรงไฟฟ้าชีวมวล: กรณีศึกษาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	จากการศึกษาพบว่า ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมและสนับสนุนพลังงานชีวมวลรวมถึงพลังงานหมุนเวียน แต่ไม่ได้มีการนำนโยบายเหล่านี้มาตราเป็นกฎหมาย รวมถึงประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายพลังงานหมุนเวียนเป็นเฉพาะ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีและสาธารณรัฐประชาชนจีนที่มีมาตรการกฎหมายพลังงานหมุนเวียน ดังนั้น จึงได้เสนอแนวทางการพัฒนากฎหมาย โดยผู้วิจัยเห็นว่าในระยะสั้นควรแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 11 แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 ในการออกระเบียบ โดยให้แก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจากผู้ผลิตไฟฟ้าให้มีประกันราคารับซื้อและต้องรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนก่อน	• การแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจากผู้ผลิตไฟฟ้าให้มีประกันราคารับซื้อและต้องรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนก่อน
ขรรค์ชัย บริบูรณ์ (2553) [20]	การประเมินศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตจังหวัดปทุมธานี	ประเมินศักยภาพของพลังงานชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวล รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ ในการนำชีวมวลมาใช้ผลิตไฟฟ้า โดยพิจารณาจากปริมาณชีวมวลและขนาดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า	• ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้า • ระยะทางในการรวบรวมชีวมวลไปยังโรงไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
สุขวัฒน์ ธันธรา [28]	การประเมินเทคโนโลยีและต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากมวลชีวภาพประเภทวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศไทย	เพื่อประเมินเทคโนยีที่เหมาะสมและต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงมวลชีวภาพในประเทศไทย โดยเน้นไปที่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ยอดใบอ้อย ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง ใยปาล์ม กะลาปาล์ม และทะลายปาล์ม โดยพบว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือระบบ Stoker boiler ที่ใช้กังหันไอน้ำ เนื่องจากสามารถรองรับเชื้อเพลิงได้หลากหลาย ใช้เชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงได้ สำหรับผลการประเมินต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาด 10 เมกะวัตต์ พบว่ามีต้นทุนอยู่ที่ 2.10-6.40 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และค่าขนส่ง	• เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล • ต้นทุนเชื้อเพลิง • ต้นทุนค่าขนส่ง
ไชยยะ คงมณี [29]	วิธีการประเมินศักยภาพชีวมวลอย่างง่าย: กรณีศึกษาการประเมินศักยภาพชีวมวลจากไม้ยางพาราสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากใน 3 จังหวัดชายแดนใต้	วิเคราะห์ศักยภาพในการผลิตชีวมวลจากไม้ยางพาราเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก โดยได้ศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของปริมาณชีวมวลจากไม้ยางพารา ซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของปริมาณชีวมวลจากยางพารา ได้แก่ ราคาไม้ยางพารา อายุและปริมาณผลิตน้ำยาง การแข่งขันระหว่างผู้ใช้ชีวมวลจากไม้ยางพารา และนโยบายรัฐที่เกี่ยวข้อง	• ราคาเชื้อเพลิง • นโยบายที่เกี่ยวข้อง เช่น นโยบายรัฐที่ส่งเสริมการปลูกยางพารา • การพัฒนาตลาดการซื้อขายชีวมวล

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
วีรชัย อาจหาญ (2551) [30]	การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน	วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ไม้โตเร็วของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนขนาด 1000 kW พบว่าต้นทุนส่วนใหญ่ 70-80% คือ ต้นทุนเชื้อเพลิงชีวมวล (รวมค่าใช้จ่ายในการเตรียมเชื้อเพลิง) ทั้งนี้ การผลิตไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 3.27 บาท/kWh	• ต้นทุนเชื้อเพลิงชีวมวล
อวยชัย เจริญยิ่งสุขจินดา (2558) [31]	การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนนโยบายสนับสนุนของภาครัฐต่อการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากจากเศษไม้ยางพาราในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษ กรณีศึกษา : อำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา	ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนนโยบายสนับสนุนของภาครัฐต่อการลงทุน โดยผลการวิจัยภายใต้กรอบของกรณีศึกษาสรุปว่า นโยบายรับซื้อแบบ FiT ส่งผลกระทบเชิงบวกในการกระตุ้นการลงทุนได้จริง เพราะโครงสร้างราคาของไฟฟ้าสะท้อนเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายดำเนินงานที่แท้จริง	• นโยบายรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff
ณัฐฐา ปัญจวรณ์ (2560) [32]	การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินและเศรษฐศาสตร์สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแบบ SPP HYBRID FIRM	ศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแบบ SPP Hybrid Firm ในรูปแบบการผสมผสานการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน รวมถึงวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนของโครงการ ในกรณีที่ราคาของเชื้อเพลิงชีวมวลสูงขึ้นและรายได้รับที่	• ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง • อัตรารับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
		ลดลงกรณีปรับลดอัตรา FiT คงที่ ผลการศึกษาพบว่า หากต้นทุนค่าเชื้อเพลิงมีราคาสูงถึง 1,200 บาทต่อตัน หรือเมื่อรายรับค่าไฟฟ้าปรับลดอัตรา FiT คงที่ลงร้อยละ 50 โครงการนี้จะไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน	
พีรภพ จอมทอง (2559) [33]	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล	ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กที่จ่ายไฟฟ้าระบบขนาด 10-90 เมกะวัตต์ โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามี 6 ด้าน คือ ด้านเทคโนโลยี ด้านการเงิน ด้านกฎหมายและนโยบาย ด้านชุมชนและสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวลมากที่สุด คือด้านวัตถุดิบ และการบริหารจัดการวัตถุดิบให้เพียงพอ	• การบริหารจัดการด้านวัตถุดิบ
ภคมน ปินตานา [34]	แบบจำลองการประมาณต้นทุนพลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมโลจิสติกส์ของชีวมวลสำหรับการใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน	ศึกษาขนส่งชีวมวลจากแหล่งผลิตโดยตรงไปสู่สถานที่ที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงานและการวางแผนเส้นทางการรวบรวมชีวมวล การเลือกที่ตั้งเหมาะสมของโกดังสำหรับจัดเก็บชีวมวล การขนย้ายชีวมวล ผลการศึกษาพบว่า การจัดเส้นทางสามารถลดต้นทุน ปริมาณการใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ แต่เนื่องจากคุณสมบัติของชีวมวลเรื่องความหนาแน่น มีผลทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการบรรทุกเพื่อขนส่ง รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนในการขนส่งมากที่สุดคือ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง	• ระยะทางในการขนส่งชีวมวล

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
Amy Thomas [35]	A GIS based assessment of bioenergy potential in England within existing energy systems	งานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุปสงค์และอุปทานเชิงพื้นที่สำหรับศักยภาพพลังงานชีวมวล โดยใช้แผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS	• ปัจจัยเชิงพื้นที่ ได้แก่ ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบชีวมวล ซึ่งส่งผลต่อศักยภาพชีวมวล
International Energy Agency [36]	20 Renewable energy Policy Recommendations	ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว นโยบายเป็นส่วนช่วยในการขับเคลื่อนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยหลาย ๆ ประเทศได้กำหนดเป้าหมายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและนำมามาตรการนโยบายในหลายรูปแบบมาใช้สนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น 1) การเข้าถึงและการเชื่อมต่อระบบการส่งและกระจายไฟฟ้า (Grid access) โดยการเข้าถึงระบบส่งและระบบกระจายไฟฟ้าของแหล่งพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ห่างไกล ภาครัฐควรมีนโยบายในการจัดตั้งกฎระเบียบที่ชัดเจนสำหรับค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อกับระบบ Grid รวมถึงสนับสนุนการพัฒนาระบบเครือข่ายไฟฟ้าเพื่อให้พลังงานจากแหล่งพลังงานใหม่สามารถเชื่อมต่อได้จากทุกพื้นที่ 2) การลดต้นทุนของเงินลงทุน (Reduce the cost of financing) การสนับสนุนการรับซื้อไฟฟ้าระยะยาวจากภาครัฐ 3) การรวมระบบของแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่แปรผันได้ (VRE)	• การเข้าถึงและการเชื่อมต่อระบบการส่งและกระจายไฟฟ้า (Grid access) • การลดต้นทุนของเงินลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชื่อผู้วิจัย	งานวิจัย	วิธีการและผลการศึกษา/วิจัย	ปัจจัยที่มีผล
Fred Beck (2004) [37]	Renewable Energy Policies and Barriers	การกำหนดมาตรการในการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนเป็นหนึ่งวิธีการในการพัฒนาพลังงานทดแทน ซึ่งมีทั้งนโยบายทางตรงและทางอ้อม โดยนโยบายการส่งเสริมพลังงานทดแทน ประกอบด้วย 1) นโยบายด้านการกำหนดราคา และปริมาณ 2) นโยบายการลดต้นทุน การลดหย่อนภาษี เงินกู้ 3) นโยบายด้านการลงทุนของภาครัฐ และ 4) นโยบายการเข้าถึงระบบโครงข่ายไฟฟ้า โดยในแต่ละนโยบายจะมีปัญหา และอุปสรรคที่แตกต่างกันออกไป	• นโยบายการส่งเสริมพลังงานทดแทนด้านการกำหนดราคา
International Renewable Energy Agency [38]	Renewable Energy Policies in a Time of Transition	พลังงานหมุนเวียนได้รับการพัฒนาที่สำคัญในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ปัจจุบันเกือบทุกประเทศทั่วโลกได้มีเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียน ทำให้เกิดการสนับสนุนด้านนโยบายเพิ่มขึ้น รวมถึงการส่งเสริมเทคโนโลยีด้านพลังงานหมุน โดยนโยบายในภาคการผลิตไฟฟ้าและการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนในภาคพลังงานยังคงขยายตัว อย่างมีนัยสำคัญ ผลผลิตจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยประมาณ 6.4% ต่อปีระหว่างปี 2009 - 2014 โดยในปี 2015 พลังงานหมุนเวียนให้ความสำคัญในการผลิตไฟฟ้าประมาณ 23.5% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิต โดยการพัฒนาเหล่านี้ได้รับการกระตุ้นโดยการลดต้นทุนเทคโนโลยีและนโยบายสนับสนุนการลงทุน	• นโยบายการลดต้นทุนเทคโนโลยี • นโยบายการสนับสนุนการลงทุนและการสนับสนุนด้านการเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยจากการทำแบบสอบถาม (Questionnaires) ของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

จากการทำแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 70 คน ซึ่งแบ่งกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ผู้กำหนดนโยบายภาครัฐและรัฐวิสาหกิจ จำนวน 38 คน กลุ่มที่ 2 ภาคเอกชน จำนวน 18 คน และกลุ่มที่ 3 อาจารย์และนักวิจัย จำนวน 14 คน โดยผลการวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อนจากการทำแบบสอบถาม และการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย จำนวนทั้งสิ้น 35 ปัจจัย ทั้งนี้ สามารถแบ่งปัจจัยขับเคลื่อนตามแนวทางทฤษฎี STEEP Analysis ทั้ง 5 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านนโยบาย 11 ปัจจัย 2) ด้านเศรษฐกิจ 11 ปัจจัย 3) ด้านเทคโนโลยี 3 ปัจจัย 4) ด้านสิ่งแวดล้อม 7 ปัจจัย และ 5) ด้านสังคม 3 ปัจจัย ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปัจจัยขับเคลื่อน

ปัจจัยขับเคลื่อน	
ด้านนโยบาย (Policy: P)	P1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวล Feed-in Tariff
	P2 เป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP)
	P3 เป้าหมายการลดการปล่อย CO_2 เพื่อบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality 2050)
	P4 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน
	P5 นโยบายการซื้อขายไฟฟ้าโดยตรง (Direct Power Purchase Agreement)
	P6 ความพร้อมของระบบส่งไฟฟ้า
	P7 การเก็บภาษีคาร์บอน
	P8 นโยบายการยกเลิกการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
	P9 การแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน
	P10 นโยบายทางการเมือง และความต่อเนื่องของการดำเนินนโยบายของภาครัฐ
	P11 นโยบายการใช้ประโยชน์ที่ดิน กฎหมายผังเมือง และการถือครองที่ดิน
ด้านเศรษฐกิจ	E1 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยขับเคลื่อน	
(Economic: E)	E2 ราคาเชื้อเพลิงฟอสซิล
	E3 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล
	E4 ปริมาณจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล และการบริหารจัดการด้านเชื้อเพลิงชีวมวล (Supply)
	E5 การซื้อขายและขอรับรองเครดิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Certificate: REC)
	E6 ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล
	E7 การกระจายตัวของจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล และการจัดทำสัญญาซื้อขายชีวมวล
	E8 ระยะห่างระหว่างสายส่งไฟฟ้าและตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล
	E9 ต้นทุนของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล
	E10 สถานการณ์พลังงานโลกและประเทศไทย เช่น สงครามรัสเซีย-ยูเครน ที่ส่งผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจ
	E11 การต่อยอดธุรกิจโรงไฟฟ้าชีวมวลในด้านการจัดหาเชื้อเพลิง เช่น ธุรกิจโรงสี ธุรกิจแปรรูปชีวมวล เพื่อรองรับการขยายกำลังการผลิตในอนาคต
ด้านเทคโนโลยี (Technology)	T1 เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการเพาะปลูกหรือการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
	T2 การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าลดลง
	T3 เทคโนโลยี Smart Grid เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ และระบบพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน
ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)	EN1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล
	EN2 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร
	EN3 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)
	EN4 คุณภาพของชีวมวล
	EN5 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภัยธรรมชาติที่มีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร

ปัจจัยขับเคลื่อน	
	EN6 การบริหารจัดการพื้นที่ชลประทาน และแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร
	EN7 การพัฒนาและใช้ประโยชน์ที่ดินไปในด้านอื่น ๆ เช่น ด้านการท่องเที่ยว
ด้านสังคม (Social: S)	S1 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล
	S2 การสร้างความเข้าใจและความเชื่อมั่นของเกษตรกรและผู้ผลิตไฟฟ้า
	S3 การขาดแคลนแรงงานเกษตร จากการไหลไปสู่การท่องเที่ยว และสังคมสูงอายุ การกดขี่ และอิทธิพลจากกลุ่มประชาสังคมภาคการท่องเที่ยว ที่มีต่อกลุ่มเกษตรกรและโรงงานไฟฟ้า

4.2.2 ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับปัจจัยเคลื่อน

ผลการจัดลำดับปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย จากการทำแบบสอบถาม (Questionnaires) ของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 70 คน ตามเกณฑ์คะแนนการจัดลำดับ พบว่าปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) และปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) มากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ เช่น อัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff และปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า เช่น ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง ต้นทุนค่าการสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ โดยมีปัจจัยที่อยู่ในกลุ่มสถานการณ์วิกฤต (Critical uncertainty) จำนวน 9 ปัจจัย ได้แก่

4.2.2.1 อัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff

4.2.2.2 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

4.2.2.3 นโยบายทางการเมือง และความต่อเนื่องของการดำเนินนโยบายของภาครัฐ

4.2.2.4 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล

4.2.2.5 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล

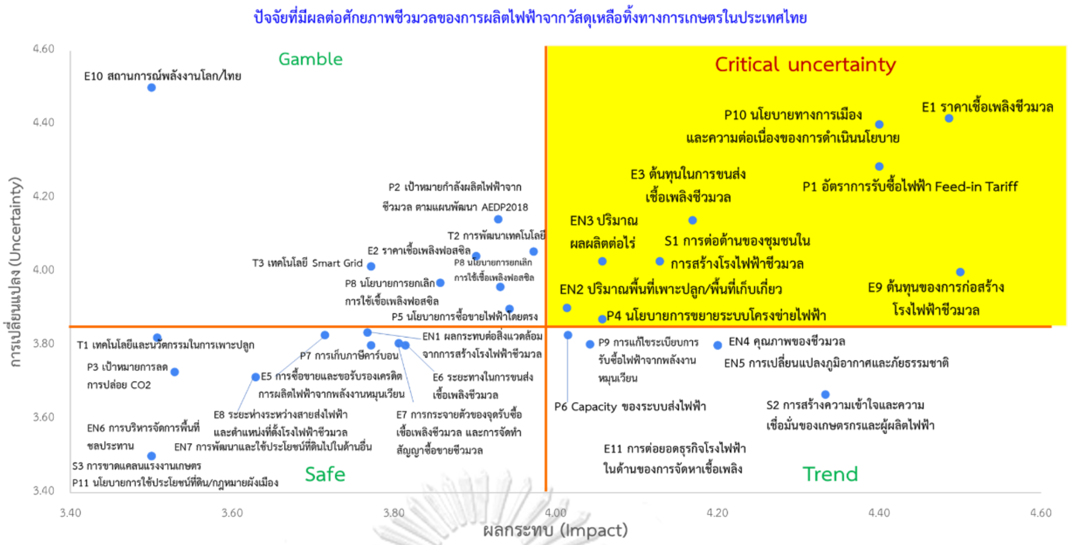
4.2.2.6 ต้นทุนค่าก่อสร้างของโรงไฟฟ้าชีวมวล

4.2.2.7 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร

4.2.2.8 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)

4.2.2.9 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 12 ผลการจัดลำดับปัจจัย

4.2.3 ผลการวิเคราะห์การเลือกสถานการณ์

ผลการเลือกสถานการณ์ พิจารณาเลือกสถานการณ์วิกฤต (Critical uncertainty) โดยสถานการณ์ดังกล่าวถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) และปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) มากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ และปัจจัยด้านต้นทุนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละปัจจัยจะแสดงถึงทิศทางความเป็นไปได้ในอนาคต โดยปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ วิเคราะห์การมีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff ให้กับผู้ผลิตไฟฟ้า ในส่วนของปัจจัยด้านต้นทุนการผลิตไฟฟ้า วิเคราะห์จากราคาเชื้อเพลิงและต้นทุนค่าการสร้างและค่าดำเนินการของโรงไฟฟ้า ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าว จะสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เกิดขึ้น

4.2.3.1 อัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff (FiT)

ปัจจุบันใช้อัตรารับซื้อตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2557 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FIT) [39] โดยอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ในกลุ่มพลังงานชีวภาพ จะแบ่งออกตามลักษณะของชีวภาพและวิธีการแปรรูปเป็นพลังงาน 5 ประเภท ได้แก่ 1) ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน) 2) ขยะ (หลุมฝังกลบขยะ) 3) ชีวมวล 4) ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย) และก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน) จากนั้นทำการแยกตามอัตรารับซื้อตามกำลังการผลิต (MW) อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ของโรงไฟฟ้าชีวมวลกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า 1 MW คือ FiT_F = 3.13 บาท/หน่วย FiT Premium สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ 8 ปีแรก = 0.30 บาท/หน่วย ตามตารางที่ และ FiT_{V2565} = 2.26 บาท/หน่วย ตามประกาศ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง สูตรการคำนวณอัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff

ในส่วนผันแปร (FiT_V) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน และอัตรา FiT_V ประจำปี 2565 เพราะฉะนั้น ราคาอัตรารับซื้อไฟฟ้า 8 ปีแรก เท่ากับ 5.89 บาท/หน่วย และราคาอัตรารับซื้อไฟฟ้าตั้งแต่ ปีที่ 9 เป็นต้นไปเท่ากับ 5.39 บาท/หน่วย

อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่ประกาศใช้ในปี 2558 : สำหรับโครงการ VSPP กลุ่มพลังงานชีวภาพ

กำลังผลิต (MW)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)	
	FiT_F	$FiT_{V,2560}$	FiT(1)		สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ (8 ปีแรก)	สำหรับโครงการในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้(2) (ตลอดอายุโครงการ)
1) ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)						
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	3.21	6.34	20 ปี	0.70	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 1-3 MW	2.61	3.21	5.82	20 ปี	0.70	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	2.69	5.08	20 ปี	0.70	0.50
2) ขยะ (หลุมฝังกลบขยะ)						
ทุกขนาด	5.60	-	5.60	10 ปี	-	0.50
3) ชีวมวล						
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	2.21	5.34	20 ปี	0.50	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 1-3 MW	2.61	2.21	4.82	20 ปี	0.40	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	1.85	4.24	20 ปี	0.30	0.50
4) ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)						
ทุกขนาด	3.76	-	3.76	20 ปี	0.50	0.50
5) ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)						
ทุกขนาด	2.79	2.55	5.34	20 ปี	0.50	0.50

หมายเหตุ (1) อัตรา FiTV จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core Inflation)

(2) โครงการในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อ.จะนะ อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย และ อ.นาทวี

ภาพที่ 13 อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่ประกาศใช้ในปี 2558 [39]

การศึกษาต้นทุนการพัฒนาโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานชีวมวลผ่านกระบวนการ Benchmarking ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [12] ได้มีการพิจารณาสมมติฐานเงินลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าที่สะท้อนกับสถานการณ์ปัจจุบัน อัตรารับซื้อไฟฟ้า FiT ของโรงไฟฟ้าชีวมวลมีค่าใกล้เคียงกับอัตรารับซื้อไฟฟ้าเดิมตามมติ กพช. โดยมีอัตรารับซื้อ FiT เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง ไม่เกิน 0.06 บาท/หน่วย เนื่องจากเงินลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวล นั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และเพิ่มขึ้นไม่มากนักในช่วงระยะเวลา 5 ปี นอกจากนี้ อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงอัตรารรับซื้อไฟฟ้าให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน

การทบทวนต้นทุนราคารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in tariff ปี 2558 ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน [40] ได้มีข้อเสนอการปรับปรุงอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT สำหรับการปรับปรุงอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT นั้น ภายหลังจากการประกาศอัตรา FiT ในช่วงสิ้นปี 2558 ซึ่งผ่านมาเป็นระยะเวลาประมาณเวลา 6 เดือนเท่านั้น ส่งผลให้สมมติฐานต่าง ๆ ในการจัดทำอัตรา FiT ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังมีปัจจัยที่สำคัญอีก 1 ประการ ที่มีผลกระทบโดยตรงต่อค่า FiT สำหรับพลังงานชีวมวล ได้แก่ นโยบายการสนับสนุนทางด้านภาษีเงินได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยได้มีการกำหนดสมมติฐานให้มีระยะเวลาปลอดภาษีเงินได้ 8 ปี เท่านั้น จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้น โดยเฉพาะนโยบายการสนับสนุนทางด้านภาษีเงินได้ลดลง จึงส่งผลให้อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนทุกประเภทเชื้อเพลิงมีการปรับเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.02-0.09 บาท/หน่วย ปรับจาก 3.13 เป็น 3.16 บาท/หน่วย

การกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าในระบบ Feed-in tariff ของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล [41] ได้ทำการศึกษานี้ได้จัดทำแบบจำลองในการคิดราคารับซื้อไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับผู้ผลิต SPP (Small Power Producer) ที่ใช้มาตรการรับซื้อไฟฟ้าแบบ Adder ที่ต้องการเปลี่ยนสัญญารับซื้อไฟฟ้าเป็น FiT ผลการศึกษาพบว่าราคารับซื้อไฟฟ้าที่คำนวณออกมาได้นั้นจะอยู่ในช่วงที่ 3.97- 4.02 บาท/หน่วย ในขณะที่ผู้ผลิต SPP รายใหม่ที่ไม่เคยได้รับมาตรการรับซื้อไฟฟ้าแบบ Adder จะได้รับซื้อไฟฟ้าสำหรับมาตรการรับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT ที่ราคา 4.15 บาท/หน่วย ณ มกราคม พ.ศ. 2560

จากผลการศึกษาของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พบว่า อัตรารับซื้อไฟฟ้า FiT สำหรับพลังงานชีวมวลที่เหมาะสมมีค่าใกล้เคียงกับอัตรารับซื้อไฟฟ้าเดิมตามมติ กพช. เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2557 โดยมีอัตรารับซื้อ FiT เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงไม่เกิน 0.02 - 0.06 บาท/หน่วย เนื่องจากเงินลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวล นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และปัจจัยที่มีผลต่ออัตรารับซื้อไฟฟ้า FiT สำหรับพลังงานชีวมวล ได้แก่ นโยบายการสนับสนุนทางด้านภาษีเงินได้

4.2.3.2 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลนโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน จากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 – 2580 (PDP2018 Rev.1) [42] และแผนการขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านสมาร์ทกริดของประเทศไทย ระยะปานกลาง พ.ศ. 2565-2574 [43] โดยแผนพัฒนาระบบส่งไฟฟ้า ภายใต้แผน PDP2018 Rev.1 ปัจจุบันมีโครงการหรือแผนพัฒนาระบบส่งไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) อยู่ระหว่างดำเนินการและมีแผนที่จะดำเนินการในช่วงเวลาตามแผน PDP2018 Rev.1 เพื่อสนองความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และเพิ่มเสริมความมั่นคงและความยืดหยุ่น (Flexibility) ของระบบส่งไฟฟ้ารองรับรูปแบบการผลิตและการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าให้เป็นระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด

นอกจากนี้ แผนการขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านสมาร์ทกริดของประเทศไทย ระยะปานกลาง พ.ศ. 2565-2574 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) รวมถึงทิศทางและการเปลี่ยนผ่านของการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคต ซึ่งได้มีแผนการดำเนินการ

การพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน (RE Forecast) มีส่วนสำคัญในการวางแผนการเดินโรงไฟฟ้าและการใช้โครงข่ายไฟฟ้า เพื่อรองรับโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่เข้ามาต่อเชื่อมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าปริมาณมากในอนาคต ซึ่งส่งผลต่อการควบคุมและรักษาสมดุลระหว่างสมดุลอุปสงค์และอุปทานไฟฟ้าโดยการพยากรณ์ จะสามารถเพิ่มระดับการพึ่งพาได้ (Dependable) ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น รวมถึงช่วยสนับสนุนให้การบริหารจัดการโครงข่ายไฟฟ้าให้รองรับเป้าหมายของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของประเทศได้ โดยการพยากรณ์แบบกระจายศูนย์โดยการจัดตั้งศูนย์พยากรณ์พลังงานในระดับพื้นที่เป็นรายภูมิภาค โรงไฟฟ้า VSPP ทุกโรงสามารถพยากรณ์ได้เอง

ระบบไมโครกริด (Microgrid) เนื่องจากระบบไมโคกริด (Microgrid) จะต้องสามารถรักษาการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดวิกฤต (Critical load) ช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน และลดความสูญเสีย (Transmission loss) เพิ่มความมั่นคงรายพื้นที่ และสร้างสมดุลระบบไฟฟ้าตามรายภูมิภาคเกิดการพัฒนาของระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว (Distributed Generation: DG) ช่วยในการบริหารจัดการโครงข่ายไฟฟ้าที่มีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนสูง

ปัจจุบัน ภาครัฐมีนโยบายภายใต้กรอบแผนพลังงานชาติ ในการเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าใหม่ โดยมีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50 ให้สอดคล้องกับแนวโน้มต้นทุนพลังงานหมุนเวียนที่ต่ำลงมาก ดังนั้น ภาครัฐมีนโยบายในการปรับโครงสร้างกิจการพลังงานรองรับแนวโน้มการเปลี่ยนผ่านพลังงานการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการบริหารจัดการระบบพลังงาน (Digitalization) การกระจายศูนย์การผลิตพลังงานและโครงสร้างพื้นฐาน (Decentralization) เพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

4.2.3.3 นโยบายทางการเมือง และความต่อเนื่องของการดำเนินนโยบายของภาครัฐ

ปัจจุบันภาครัฐโดยกระทรวงพลังงาน ได้มีการกำหนดกรอบแผนพลังงานชาติ เพื่อเป็นแนวทางจัดทำรายละเอียดและกำหนดนโยบายภาคพลังงาน โดยมีเป้าหมายสนับสนุนให้ประเทศไทยสามารถมุ่งสู่พลังงานสะอาด และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี ค.ศ. 2065-2070 สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนนโยบายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในระยะยาว โดยได้มีการกำหนดแนวนโยบายของแผนพลังงานชาติ (Policy Direction) ได้ส่งเสริมการลงทุนพลังงาน สีเขียวในภาคพลังงาน ได้แก่ 1) เพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าใหม่โดยมีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50 ให้สอดคล้องกับแนวโน้มต้นทุนพลังงานหมุนเวียนที่ต่ำลงมากโดยพิจารณาร่วมกับต้นทุนระบบ กักเก็บพลังงานระยะยาว และไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในระยะยาวสูงขึ้น 2) ปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานภาคขนส่งเป็นพลังงานไฟฟ้าสีเขียว 3) ปรับเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมากกว่าร้อยละ 30 และ 4) ปรับโครงสร้างกิจการพลังงานรองรับแนวโน้มการเปลี่ยนผ่านพลังงาน ตามแนวทาง 4D1E ประกอบด้วย การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน

ภาคพลังงาน (Decarbonization) การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการบริหารจัดการระบบพลังงาน (Digitalization) การกระจายศูนย์การผลิตพลังงานและโครงสร้างพื้นฐาน (Decentralization) การปรับปรุงกฎระเบียบรองรับนโยบายพลังงานสมัยใหม่ (Deregulation) และการเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานมาเป็นพลังงานไฟฟ้า (Electrification)

จากการกำหนดแนวนโยบายของแผนพลังงานชาติ (Policy Direction) เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานและการขับเคลื่อนด้านพลังงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการมุ่งสู่เศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำ โดยการส่งเสริมการลงทุนพลังงานสีเขียวในภาคพลังงาน ตามกรอบระยะเวลาที่กำหนดไว้

4.2.3.4 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล

ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิด มีราคาที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ชนิดของชีวมวล โดยผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาราคารับซื้อชีวมวล ณ ราคาหน้าโรงไฟฟ้าของกลุ่มโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล บริษัท แอ๊บโซลูท คลีน เอ็นเนอร์จี้ จำกัด (มหาชน) ช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม ปี 2565 เนื่องจากเป็นกลุ่มโรงไฟฟ้าที่เปิดดำเนินการอย่างต่อเนื่อง มีประกาศราคารับซื้อตลอดทั้งปี และมีกลุ่มโรงไฟฟ้าชีวมวลกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาราคารับซื้อชีวมวลหน้าโรงไฟฟ้า จำนวน 4 แห่ง ดังนี้ 1) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี 2) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี 3) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดศรีเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และ 4) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ้านบึง จังหวัดชลบุรี เพื่อใช้หาค่าเฉลี่ยราคารับซื้อชีวมวลในการประเมินต้นทุนของโครงการ

จากการศึกษาราคารับซื้อชีวมวลในแต่ละเดือน และราคารับซื้อในแต่ละแห่ง พบว่าราคารับซื้อชีวมวลมีการแปรผันได้ตลอด ทั้งนี้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต (Supply) และปริมาณความต้องการ (Demand) รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพอากาศ ภัยพิบัติ รวมถึงนโยบายการสนับสนุนของภาครัฐ ดังนั้น เพื่อป้องกันการแข่งขันทางการตลาดที่อาจจะส่งผลให้ราคาชีวมวลปรับสูงขึ้นและปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ โรงไฟฟ้าควรจัดทำสัญญาซื้อ-ขายเชื้อเพลิงระยะยาว นอกจากนี้ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จะขึ้นอยู่กับฤดูกาลของผลผลิต ดังนั้น เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและเพียงพอสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้า จะต้องมีการบริหารจัดการด้านวัตถุดิบ โดยทำการจัดทำสต็อกวัตถุดิบเพื่อเก็บวัตถุดิบไว้ใช้ในช่วงที่อยู่นอกฤดูกาล รวมถึงจัดหาเชื้อเพลิงทดแทนหากเกิดการขาดแคลนวัตถุดิบ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้า
รายละเอียดราคาเชื้อเพลิงแสดงในภาคผนวก ค

การรับซื้อชีวมวลประเภทต่าง ๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทย ปี 2565 โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้จัดทำข้อมูลแผนที่แสดงที่ตั้งการรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลในประเทศไทย ปี 2565 ทั้งสิ้น 79 แห่ง ประกอบด้วย ภาคเหนือ 17 แห่ง ภาคกลาง

22 แหล่ง ภาคใต้ 14 แห่ง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 26 แห่ง โดยเมื่อแบ่งตามประเภทชีวมวลที่รับซื้อ จะประกอบด้วย 1) ชีวมวลประเภทพืชเศรษฐกิจ 66 แห่ง (ข้าว อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง มะพร้าว และปาล์มน้ำมัน) 2) ชีวมวลประเภทไม้ 45 แห่ง (ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้เบญจพรรณ และไม้ชนิดอื่น ๆ) 3) ชีวมวลอื่น ๆ 7 แห่ง (ไม้ไผ่ ใบไผ่ หญ้าเนเปียร์)

4.2.3.5 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล

ต้นทุนค่าขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้าย ค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียมวัตถุดิบ (แปรรูปให้มีขนาดเล็กลง) รวมถึงระยะทางในการขนส่ง อัตราน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ ดังนั้น หากระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากจุดรับซื้อไปยังโรงไฟฟ้า มีระยะทางไกล ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลก็จะสูง โดยผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาราคาต้นทุนค่าขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลใบอ้อยของสมาคมโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยมีค่าขนส่งอยู่ที่ 500 บาท/ตัน

นอกจากนี้ การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน [30] พบว่าค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัตถุดิบ (เชื้อเพลิงชีวมวล) อยู่ที่ 200 บาท/ตัน ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ 200 บาทต่อตัน ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้าย 50 บาท/ตัน และค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัตถุดิบ (สับหรือแปลงรูปให้อยู่ในขนาดเล็ก) 200 บาท/ตัน รวมค่าขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล 400 บาท/ตัน

จากผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนค่าขนส่งชีวมวล ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้าย ค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียมวัตถุดิบ ระยะทางในการขนส่ง อัตราน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ อยู่ในระหว่าง 200 – 500 บาท/ตัน โดยส่วนใหญ่ต้นทุนค่าขนส่งจะถูกรวมอยู่ในราคาเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการประกาศรับซื้อ ณ ราคาหน้าโรงไฟฟ้า ทั้งนี้ หากราคาต้นทุนค่าขนส่งสูง จากการขนส่งระยะทางไกล จะส่งผลให้ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลสูงขึ้นตาม ดังนั้น โรงไฟฟ้าชีวมวลควรมีแผนบริหารจัดการเชื้อเพลิงทั้งในด้านปริมาณและราคา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3.6 ต้นทุนค่าก่อสร้างของโรงไฟฟ้าชีวมวล

ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล (Capital Expenditure: CAPEX) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโครงสร้างต้นทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวลของระบบเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) และระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ซึ่งโครงสร้างต้นทุนประกอบด้วย ค่าก่อสร้างระบบในการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ระบบผลิตไอน้ำ กังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับระบบการเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) แก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) เครื่องยนต์ก๊าซ สำหรับระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ ได้แก่ อุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบบำบัดน้ำ ค่าใช้จ่ายสำหรับงานโยธา เช่น ค่าใช้จ่ายในการเตรียมพื้นที่ ค่าขุดบ่อ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ โดยอ้างอิงข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับระบบเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) อยู่ในช่วงระหว่าง 62,590,00 – 72,276,400 บาท/เมกะวัตต์ และระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) อยู่ในช่วงระหว่าง 61,000,000 – 62,600,000 บาท/เมกะวัตต์ ทั้งนี้ หากกำลังการผลิตติดตั้งสูง ต้นทุนค่าก่อสร้างของโรงไฟฟ้าชีวมวลจะลดลง เนื่องจากเกิดการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) รวมถึงต้นทุนเทคโนโลยีของพลังงานหมุนเวียน มีแนวโน้มลดลง

4.2.3.7 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร

ปริมาณชีวมวลจะขึ้นอยู่กับพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยวของพืชผลทางการเกษตร ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลปริมาณพื้นที่เพาะปลูกของพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา และปาล์มน้ำมัน โดยพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [44] เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณชีวมวลจากพื้นที่เพาะปลูก โดยพิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือ กล่าวคือ พื้นที่ที่มีศักยภาพแต่ยังไม่ได้ทำการเพาะปลูก โดยพิจารณาลักษณะพื้นที่ ดังนี้

(1) พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูงคงเหลือ (S1)

(2) พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางคงเหลือ (S2)

(3) พื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพื้นที่เหมาะสมในพื้นที่นั้น ๆ

ตารางที่ 8 พื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือ

ชนิดพืช	**พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูง(S1) และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง (S2) คงเหลือ (ไร่)**	**พื้นที่มีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพื้นที่เหมาะสม (ไร่)**	**สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกต่อพื้นที่เก็บเกี่ยว (ร้อยละ)**
ข้าว	18,574,845	3,735,651	94
ข้าวโพด	16,769,533	2,658,692	95
อ้อย	34,547,212	7,048,485	88
มันสำปะหลัง	36,154,760	7,887,471	96
ยางพารา	47,849,923	16,584,900	78
ปาล์มน้ำมัน	16,034,518	1,527,558	83
รวม	**169,930,791**	**39,442,757**	

สำหรับพื้นที่เก็บเกี่ยวของพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกต่อพื้นที่เก็บเกี่ยวย้อนหลัง ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยวที่มีศักยภาพคงเหลือ

ผลการศึกษาพบว่า พืชผลทางการเกษตรที่มีพื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือมากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ ยางพารา มันสำปะหลัง และอ้อย โดยปริมาณพื้นที่เพาะปลูกของพืชผลทางการเกษตร ทั้ง 6 ชนิด ที่มีศักยภาพคงเหลือ รวมทั้งสิ้น 209,373,548 ไร่

4.2.3.8 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)

ผลผลิตต่อไร่ (Yield) คือ ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield) จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรย้อนหลัง แสดงดังตารางที่ 9 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณชีวมวลจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือ ทั้งนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

(1) ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าต่ำสุดในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. ที่ทำการเก็บข้อมูล เรียกว่า กรณีผลผลิตต่อไร่ต่ำ

(2) ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. ที่ทำการเก็บข้อมูล เรียกว่า กรณีผลผลิตต่อไร่สูง

(3) ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. ที่ทำการเก็บข้อมูล เรียกว่า กรณีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย

ตารางที่ 9 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)

ชนิดพืช	**ช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ ที่ทำการเก็บข้อมูล**	**ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่)**		
		ต่ำ	**สูง**	**เฉลี่ย**
ข้าว	2531-2564	305	514	434
ข้าวโพด	2527-2564	328	736	572
อ้อย	2545-2564	7,091	12,280	10,160
มันสำปะหลัง	2524-2564	2,026	3,668	2,843
ยางพารา	2531-2564	136	291	226
ปาล์มน้ำมัน	2525-2564	1,339	3,296	2,409

รายละเอียดข้อมูลผลผลิต แสดงดังภาคผนวก ข

4.2.3.9 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล

เมื่อมีการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่จะพบปัญหาที่กระทบกับประชาชนในพื้นที่ส่วนใหญ่ซึ่งจะเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละออง เสียง กลิ่น น้ำเสีย และอุบัติเหตุ ซึ่งสาเหตุสำคัญที่เกิดปัญหาดังกล่าว คือการที่โรงไฟฟ้าชีวมวลไม่ได้ปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง หรือกฎหมายที่กำหนดอาจไม่ได้ครอบคลุมทุกส่วน นอกจากนี้ ในกระบวนการของการเริ่มต้นก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลประชาชนในพื้นที่ไม่ได้มีส่วนในการดำเนินการแต่อย่างใด ส่งผลให้เมื่อมีการสร้างโรงไฟฟ้าประชาชนรอบโรงไฟฟ้าด้วยกันเองเกิดความขัดแย้ง

จากการศึกษาโครงการศึกษาผลต่อชุมชนจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลรากไม้ยางพารา อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง [45] ได้มีข้อเสนอแนะ ให้เกิดการยอมรับของประชาชนรอบโรงไฟฟ้าชีวมวล และสามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างสันติระหว่างชุมชนและโรงไฟฟ้า โดยควรเสนอให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่กระบวนการก่อนเริ่มต้นก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล นอกจากนี้ กระบวนการบังคับใช้กฎหมายต่าง ๆ ต้องมีการบังคับใช้อย่างเข้มงวด โดยเฉพาะประเด็นการจัดทำ EIA (Environmental Impact Assessment) ควรต้องมีการแก้ไขกฎระเบียบ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กต้องดำเนินการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันกลไกลดูแลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม กรณีโรงไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ไม่ต้องจัดทำรายงาน EIA โดยการพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อมจึงอยู่ในบทบาทหน้าที่ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเน้นการพิจารณาเฉพาะในด้านการจัดการของเสียภายในเขตโรงงาน ซึ่งไม่ได้ครอบคลุมถึงผลกระทบอื่น ๆ เช่น ด้านทรัพยากร ผลกระทบต่อชุมชน สังคม หรือการมีส่วนร่วมของประชาชน จึงเสนอให้ควรแก้ไขกฎระเบียบและกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กต้องจัดทำรายงาน EIA รวมถึงกระบวนการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมควรศึกษาประเด็นผลกระทบที่ชุมชนให้ความสำคัญและผลกระทบสะสมตลอดอายุโรงไฟฟ้า และประชาชนควรมีส่วนร่วมในการตรวจสอบข้อมูลและผลการวิเคราะห์ในร่างรายงาน

นอกจากนี้ การศึกษา อุดรูรั่ว...โรงไฟฟ้าชีวมวล แนวทางการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพสำหรับชุมชน กรณี โรงไฟฟ้าชีวมวล [46] ได้เสนอแนวทางการ ประเมินผลกระทบทางสุขภาพ HIA (Health Impact Assessment) ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้สนับสนุนการตัดสินใจที่เปิดโอกาสให้ทุกคน ทั้งประชาชนที่มีส่วนได้เสีย เจ้าของโครงการ บุคคลทั่วไป ได้เข้ามาร่วมระดมความคิดศึกษาแนวโน้ม การพัฒนาหรือนโยบายของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และร่วมกันหาวิธีป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น โดย HIA

เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะเข้ามาช่วยเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนให้มีความหมายมากยิ่งขึ้น เนื่องด้วยเป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้ชุมชน และภาคส่วนต่าง ๆ ได้เข้ามาเรียนรู้ร่วมกัน รวมถึงมีการคาดการณ์ถึงผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การค้นหาทางออก ที่ดีกว่าร่วมกัน ทั้งนี้ HIA จะใช้ประเมินผลกระทบโครงการหรือกิจกรรมที่ยังไม่เกิดขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่อประชาชน โดยประเมินผลกระทบด้านสุขภาพร่วมกับสิ่งแวดล้อมตามที่ระบุไว้ในรัฐธรรมนูญ และใช้ประเมินผลกระทบโครงการหรือกิจกรรมที่เกิดขึ้นไปแล้ว และส่งปัญหาต่อประชาชน

4.2.4 ผลการวิเคราะห์การพัฒนาสถานการณ์

การพัฒนาสถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์ได้รับการพัฒนาภายใต้ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ และปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ดังนี้

4.2.4.1 สถานการณ์ที่ 1 (Survival) เป็นตัวแทนสถานการณ์ที่ไม่มีการสนับสนุนปัจจัยใด ๆ ไม่ว่าปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ ปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ส่งผลให้ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากถูกจำกัดด้วยต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและไม่มีการสนับสนุนในด้านการรับซื้อไฟฟ้า

4.2.4.2 สถานการณ์ที่ 2 (Competitive) สะท้อนถึงสถานการณ์ที่มีการสนับสนุนปัจจัยด้านนโยบายจากภาครัฐ โดยมีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff ให้กับผู้ผลิตไฟฟ้า แต่ปัจจัยต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ายังคงสูง กล่าวคือ ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ายังคงสูง แต่มีนโยบายภาครัฐในการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff ส่งผลให้ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง

4.2.4.3 สถานการณ์ที่ 3 (Comfortable) แสดงถึงสถานการณ์ที่มีการสนับสนุนทั้งปัจจัยด้านนโยบายภาครัฐ และปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า กล่าวคือ ภาครัฐมีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff โดยมีอัตราที่สามารถแข่งขันได้ ด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ราคาเชื้อเพลิงมีการดำเนินการทำสัญญาจัดหาและสัญญาซื้อ-ขาย เชื้อเพลิงส่งผลให้ราคาเชื้อเพลิงราคาต่ำ และต้นทุนค่าก่อสร้างของโรงไฟฟ้าชีวมวลต่ำจากการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ส่งผลให้ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอยู่ในระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์การพัฒนาสถานการณ์

ปัจจัยขับเคลื่อน	สถานการณ์ที่ 1 Survival	สถานการณ์ที่ 2 Competitive	สถานการณ์ที่ 3 Comfortable	อ้างอิง
P1 อัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff	• ภาครัฐไม่มีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff	• ภาครัฐมีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล ในรูปแบบ Feed-in Tariff โดยมีอัตรารับซื้อ 5.39 บาท/หน่วย	• ภาครัฐมีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล ในรูปแบบ Feed-in Tariff โดยมีอัตรารับซื้อ 5.39 บาท/หน่วย	• อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับ ปี 2558 ตามมติ กพช. เมื่อวันที่ 15 ธ.ค. 2557
P4 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน	• ภาครัฐมีแผนพัฒนาระบบส่งไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มขึ้น	• ภาครัฐมีแผนพัฒนาระบบส่งไฟฟ้า เพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มขึ้น • นโยบายการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) รวมถึงการพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน (RE Forecast) เพื่อรองรับ	• ภาครัฐมีแผนพัฒนาระบบส่งไฟฟ้า เพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มขึ้น • นโยบายการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) รวมถึงการพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน (RE Forecast) เพื่อรองรับ	• แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 – 2580 (PDP2018 Rev.1) • แผนการขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านสมาร์ทกริดของประเทศไทย ระยะปานกลาง พ.ศ. 2565-2574

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัยขับเคลื่อน	สถานการณ์ที่ 1 Survival	สถานการณ์ที่ 2 Competitive	สถานการณ์ที่ 3 Comfortable	อ้างอิง
		โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่เข้ามาต่อเชื่อมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าปริมาณมากในอนาคต	โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่เข้ามาต่อเชื่อมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าปริมาณมากในอนาคต	
P10 นโยบายทางการเมือง และความต่อเนื่องของการดำเนินนโยบายของภาครัฐ	• จัดทำแผนด้านพลังงาน เช่น แผนพลังงานชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานและการขับเคลื่อนด้านพลังงาน (Policy Direction)	• จัดทำแผนด้านพลังงาน เช่น แผนพลังงานชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานและการขับเคลื่อนด้านพลังงาน (Policy Direction)	• จัดทำแผนด้านพลังงาน เช่น แผนพลังงานชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานและการขับเคลื่อนด้านพลังงาน (Policy Direction)	• กรอบแผนพลังงานชาติ กระทรวงพลังงาน
E1 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล	• โรงไฟฟ้าประกาศรับซื้อเชื้อเพลิง โดยใช้อัตราการรับซื้อหน้าโรงไฟฟ้า ซึ่งมีการปรับรายสัปดาห์ • ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลเฉลี่ยอยู่ที่ 643 บาท/ตัน	• โรงไฟฟ้าประกาศรับซื้อเชื้อเพลิง โดยใช้อัตราการรับซื้อหน้าโรงไฟฟ้า ซึ่งมีการปรับรายสัปดาห์ • ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลเฉลี่ยอยู่ที่ 643 บาท/ตัน	• โรงไฟฟ้าชีวมวลมีการจัดทำสัญญาจัดหาและสัญญาซื้อ-ขายเชื้อเพลิงระยะยาว • โรงไฟฟ้าชีวมวลมีแผนบริหารจัดการเชื้อเพลิงทั้งในด้านปริมาณและราคา • ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลเฉลี่ยอยู่ที่ 517 บาท/ตัน	• ราคารับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลเฉลี่ย ปี 2565 ของกลุ่มโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล บริษัท แอ๊บโซลูท คลีน เอ็นเนอร์จี้ จำกัด (มหาชน)

ปัจจัยขับเคลื่อน	สถานการณ์ที่ 1 Survival	สถานการณ์ที่ 2 Competitive	สถานการณ์ที่ 3 Comfortable	อ้างอิง
E3 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล	• ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล อยู่ในรัศมี 50 กิโลเมตร • ไม่มีจุดรับซื้อชีวมวล • ต้นทุนค่าขนส่ง 250 บาท/ตัน	• ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล อยู่ในรัศมี 50 กิโลเมตร • ไม่มีจุดรับซื้อชีวมวล • ต้นทุนค่าขนส่ง 250 บาท/ตัน	• ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล อยู่ในรัศมี 30 กิโลเมตร • กำหนดจุดเก็บเกี่ยวผลผลิตและจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล • ต้นทุนค่าขนส่ง 200 บาท/ตัน	• การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน • สมาคมโรงไฟฟ้าชีวมวล
E9 ต้นทุนค่าการก่อสร้างของโรงไฟฟ้าชีวมวล	• ต้นทุนก่อสร้างสำหรับเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน อยู่ที่ 62,600,000 บาท/เมกะวัตต์ และเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง อยู่ที่ 72,276,400 บาท/เมกะวัตต์	• ต้นทุนก่อสร้างสำหรับเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน อยู่ที่ 62,600,000 บาท/เมกะวัตต์ และเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง อยู่ที่ 72,276,400 บาท/เมกะวัตต์	• เทคโนโลยีพลังงานทดแทนมีแนวโน้มลดลง • ต้นทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลลดลงตามขนาดของ Economy of Scale ของการติดตั้ง • ต้นทุนการก่อสร้างสำหรับเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน อยู่ที่ 61,000,000 บาท/เมกะวัตต์ และเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง อยู่ที่ 62,590,000 บาท/เมกะวัตต์	• โครงการศึกษาต้นทุนการพัฒนาโรงไฟฟ้าชีวมวลผ่านกระบวนการ Benchmarking กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัยขับเคลื่อน	สถานการณ์ที่ 1 Survival	สถานการณ์ที่ 2 Competitive	สถานการณ์ที่ 3 Comfortable	อ้างอิง
EN2 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก/พื้นที่เก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับ การเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร	• พิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือ ดังนี้ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูงคงเหลือ (S1) และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางคงเหลือ (S2) • ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกรวม 169 ล้านไร่	• พิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือ ดังนี้ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูงคงเหลือ (S1) และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางคงเหลือ (S2) • ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกรวม 169 ล้านไร่	• พิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีศักยภาพคงเหลือ ดังนี้ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูงคงเหลือ (S1) พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางคงเหลือ (S2) และพื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพื้นที่เหมาะสมในพื้นที่นั้นๆ • ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก 209 ล้านไร่	• พื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) กรมพัฒนาที่ดิน
EN3 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)	• ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าต่ำสุดในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. ที่ทำการเก็บข้อมูล • ปริมาณผลผลิตสำหรับภาคการผลิตไฟฟ้า รวม 186 ล้านตัน	• ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. ที่ทำการเก็บข้อมูล • ปริมาณผลผลิตสำหรับภาคการผลิตไฟฟ้า รวม 272 ล้านตัน	• ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. ที่ทำการเก็บข้อมูล • ปริมาณผลผลิตสำหรับภาคการผลิตไฟฟ้า รวม 405 ล้านตัน	• ข้อมูลสถิติผลผลิตต่อไร่ (Yield) ในช่วงปี พ.ศ. 2525 – 2564 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยขับเคลื่อน	สถานการณ์ที่ 1 Survival	สถานการณ์ที่ 2 Competitive	สถานการณ์ที่ 3 Comfortable	อ้างอิง
S1 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล	• ประชาชนหรือชุมชนรอบโรงไฟฟ้าชีวมวล ไม่ได้เข้ามามีส่วนในกระบวนการก่อสร้างและการดำเนินการของโรงไฟฟ้าชีวมวล	• ประชาชนหรือชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่กระบวนการก่อนเริ่มต้นก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล	• ประชาชนหรือชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่กระบวนการก่อนเริ่มต้นก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล • กระบวนการบังคับใช้กฎหมายต้องมีการบังคับใช้อย่างเข้มงวด โดยเฉพาะประเด็นการจัดทำ EIA (Environmental Impact Assessment) โดยโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กต้องจัดทำรายงาน EIA • มีการจัดทำการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ HIA	• การศึกษาโครงการศึกษาผลต่อชุมชนจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลรากไม้ยางพารา อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง • การศึกษา อุดรูรั่ว...โรงไฟฟ้าชีวมวล แนวทางการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพสำหรับชุมชน กรณีโรงไฟฟ้าชีวมวล

บทที่ 5
การกำหนดตัวชี้วัดและวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ

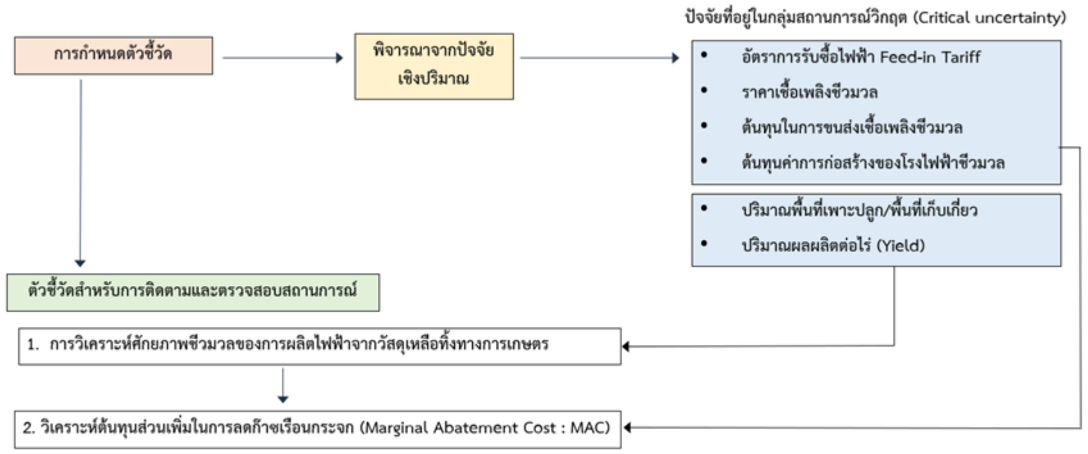
จากการวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ในบทที่ 4 และได้ผลลัพธ์การพัฒนาสถานการณ์ภายใต้ปัจจัยขับเคลื่อน ซึ่งในบทที่ 5 จะแสดงให้เห็นถึงการกำหนดตัวชี้วัดในการตรวจสอบเพื่อติดตามการพัฒนาของสถานการณ์และการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ จากนั้นทำการสรุปผลการวิจัย ในบทที่ 6 ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

5.1 กำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์

เป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินผลของการวิเคราะห์ฉากทัศน์ โดยผลลัพธ์ปัจจัยขับเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ฉากทัศน์ พบว่า ปัจจัยขับเคลื่อนที่ทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) และปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) มากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ เช่น อัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff และปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า เช่น ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง ต้นทุนค่าการสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยขับเคลื่อนเชิงปริมาณตัวอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่มสถานการณ์วิกฤต (Critical uncertainty) ได้แก่ ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว และปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกพืช ปริมาณผลผลิตทางการเกษตร และต้นทุนเชื้อเพลิงชีวมวล

โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดสมมติฐานตัวชี้วัดในการตรวจสอบสถานการณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยเชิงปริมาณ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย และ 2) การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์ ทั้งนี้ได้แสดงขั้นตอนการกำหนดตัวชี้วัดในการตรวจสอบสถานการณ์ของงานวิจัยดังภาพที่ 14

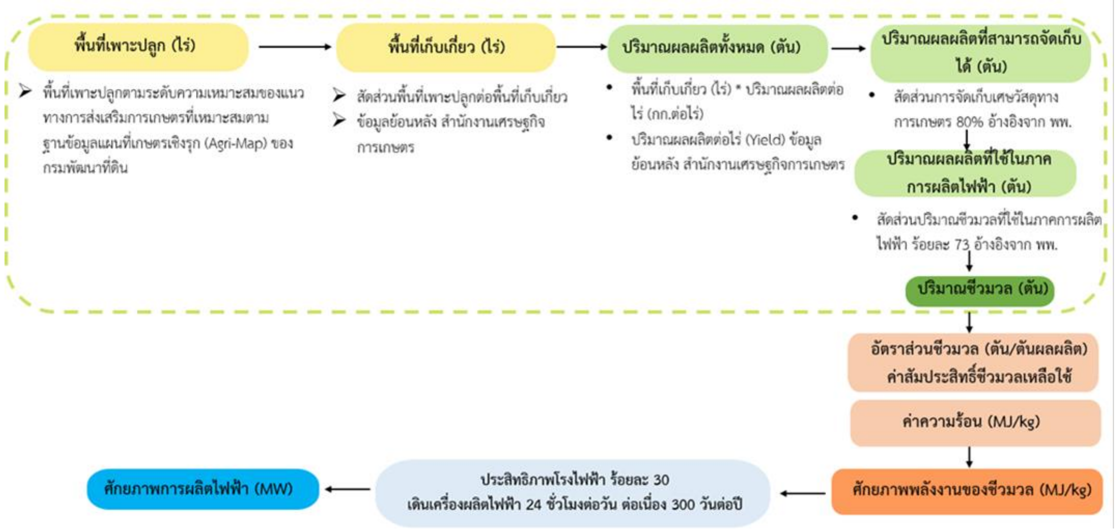
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 14 ขั้นตอนกำหนดตัวชี้วัดในการตรวจสอบสถานการณ์

5.2 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ

5.2.1 การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

5.2.1.1 การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลในงานวิจัยนี้ โดยพิจารณาจากพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ 6 ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และยางพารา โดยพืชทั้ง 6 ชนิด และพิจารณาชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว, ลำต้น ซัง และเปลือกข้าวโพด, ใบอ้อย, ลำต้น และยอดใบมันสำปะหลัง, ใบ และทะลายปาล์มน้ำมัน, เศษไม้ กิ่ง ใบ และรากยางพารา ในการคำนวณหาปริมาณชีวมวลจากผลผลิตทางการเกษตรของพืชทั้ง 6 ชนิด จะพิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกตามตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกต่อพื้นที่เก็บเกี่ยว และปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield) จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยสัดส่วนการจัดเก็บเศษวัสดุทางการเกษตร ร้อยละ 80 และสัดส่วนปริมาณชีวมวลที่ใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้า ร้อยละ 73 จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ดังสมการที่ 5 และจากปริมาณชีวมวลที่ได้นำมาคำนวณหาศักยภาพชีวมวล อัตราการเกิดชีวมวล ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ ดังสมการที่ 6

ปริมาณชีวมวล (ตัน) = ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่) × ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ไร่) × สัดส่วนการจัดเก็บเศษวัสดุทางการเกษตร × สัดส่วนปริมาณชีวมวลที่ใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้า (5)

ศักยภาพพลังงานของชีวมวล (MJ/ตัน) = ปริมาณชีวมวล (ตัน) × อัตราส่วนชีวมวล (ตัน/ตันผลผลิต) × ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ × ค่าความร้อน (MJ/kg) (6)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.1.2 การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากศักยภาพชีวมวลเชิงพื้นที่ นำมาวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า 2 แบบ ดังนี้ 1) เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันสำหรับเชื้อเพลิงเศษไม้ กิ่ง ใบ และรากยางพารา 2) เทคโนโลยีแบบเผาไหม้โดยตรงสำหรับเชื้อเพลิงฟางข้าว, ลำต้น ซัง และเปลือกข้าวโพด, ใบอ้อย, ลำต้น และยอดใบมันสำปะหลัง, ใบ และทะลายปาล์มน้ำมัน มีค่าประสิทธิภาพร้อยละ 30 เดินเครื่องผลิตไฟฟ้า 24 ชั่วโมงต่อวัน ต่อเนื่อง 300 วันต่อปี ดังสมการที่ 7

$$\textbf{ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MW)} = \frac{(\text{ศักยภาพพลังงานของชีวมวลเชิงพื้นที่ (MJ/ตัน)} \ \times \text{ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า}) / 3600}{\text{จำนวนชั่วโมงต่อปี } x\ Plant\ Factor} \quad (7)$$

รายละเอียดการการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า แสดงดังภาคผนวก ข

5.2.2 การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC)

การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก ได้กำหนดให้กรณีฐานคือโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ (Combined cycle power plant) 1 MW และกรณีดำเนินมาตรการโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW โดยแบ่งตามชนิดเชื้อเพลิง ดังนี้

5.2.2.1 โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงรวม (ฟางข้าว, ลำต้น ซัง และเปลือกข้าวโพด, ลำต้น และยอดใบมันสำปะหลัง) โดยใช้เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง

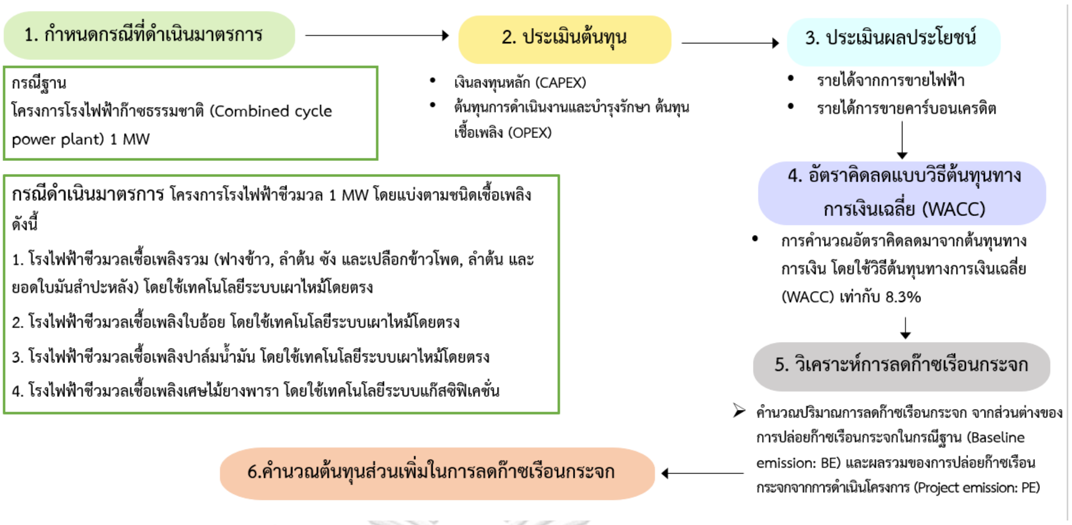
5.2.2.2 โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย โดยใช้เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง

5.2.2.3 โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง

5.2.2.4 โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงเศษไม้ยางพารา โดยใช้เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น

ทั้งนี้ โรงไฟฟ้าชีวมวล ที่ใช้เชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ส่วนมากในปัจจุบันนี้มักจะใช้ระบบการเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) โดยนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาเผาไหม้โดยตรงในหม้อไอน้ำ (Boiler) และถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นให้แก่น้ำในหม้อไอน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำนี้จะถูกนำไปปั่นกังหันที่อยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เทคโนโลยีระบบการเผาไหม้โดยตรงเนื่องจากสามารถสับเปลี่ยนเชื้อเพลิงได้ง่าย และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ในช่วงร้อยละ 70 - 90 รวมถึงความคุ้มค่าในด้านเศรษฐศาสตร์ สำหรับระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) นั้นเป็นการเปลี่ยนชีวมวลให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิงซึ่งมีผสมของไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทน ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงและมีปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยก๊าซที่ได้มาจะถูกส่งไปยังเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเพื่อไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงเหมาะกับโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงขนาดเล็ก เช่น เศษไม้ และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ในช่วงร้อยละ 80 - 90 ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม มีขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 16 ขั้นตอนการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม

5.2.2.1 การประเมินต้นทุนสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติและโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล

(1) เงินลงทุนหลัก (Capital Expenditure: CAPEX) ได้แก่ ค่าก่อสร้างระบบในการผลิตไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่าง ๆ และต้นทุนอื่น ๆ โดยอ้างอิง ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

(2) ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance cost : O&M) สำหรับการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ต้นทุนค่าใช้จ่ายปฏิบัติงานและบำรุงรักษา เงินเดือนและค่าใช้จ่ายผู้ปฏิบัติงาน ต้นทุนค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ชำรุดตามสภาพ ต้นทุนค่าบำรุงรักษาอาคาร โดยสมมติฐานในการคำนวณงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าดำเนินงานและบำรุงรักษาปรับขึ้นทุกปี โดยปีขึ้นร้อยละ 3 ในส่วนต้นทุนค่าเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติและเชื้อเพลิงชีวมวล จะมีการปรับขึ้นทุกปี ตามดัชนีราคาผู้บริโภคพื้นฐาน A/A ที่กำหนดโดยกระทรวงพาณิชย์ เป็นค่า Core Inflation_{2564} ที่ร้อยละ 2.3

5.2.2.2 การประเมินผลประโยชน์ สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ พิจารณาจากการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลพิจารณาจากการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (Revenue from Electricity Sales) และการขายคาร์บอนเครดิต

(1) ผลประโยชน์ของโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ มาจากรายได้จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยอัตราการรับซื้อไฟฟ้าคำนวณจากประมาณการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าซื้อไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำหรับโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ ณ ปี 2565 เฉลี่ย 3.74 บาทต่อหน่วย

(2) ผลประโยชน์ของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล มาจากรายได้การจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้วิธีการคำนวณตามเงื่อนไขอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็ก (VSPP) ตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กพช. เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2557 โดยการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff จะสะท้อนต้นทุนมากขึ้น ซึ่งการรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT นี้ เป็นการจูงใจให้ภาคเอกชนเขามาลงทุนในธุรกิจผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น เนื่องจากอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT ให้ผลตอบแทนที่สะท้อนถึงต้นทุนการดำเนินการได้มากขึ้น

ตารางที่ 11 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT)

กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	**FiT (บาท/หน่วย)**			**ระยะเวลาในการสนับสนุน (ปี)**	**FiT Premium (บาท/หน่วย)**	
	FiT_F	$FiT_{V,2560}$	FiT(1)		**สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ (8 ปีแรก)**	**สำหรับโครงการในพื้นที่จังหวัดชายแดนใต้ตลอดอายุโครงการ**
ชีวมวล						
กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 เมกะวัตต์	3.13	2.21	5.34	20 ปี	0.50	0.50
กำลังการผลิตติดตั้ง > 1-3 เมกะวัตต์	3.13	2.21	5.34	20 ปี	0.40	0.50
กำลังการผลิตติดตั้ง > 3 เมกะวัตต์	2.39	1.85	4.24	20 ปี	0.30	0.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมมติฐานในการคำนวณอัตราราคาจำหน่ายไฟฟ้าของงานวิจัยนี้ โดยคำนวณมาจากสมการ ดังนี้

$$\mathbf{FiT_i = FiT_F + [FiT_{v,i-1} \times (1+\text{Core Inflation}-1)] + \text{FiT Premium}} \quad \mathbf{(8)}$$

โดยที่

FiT_i = อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษของปีที่ i (บาท/หน่วย)

FiT_F = อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษแบบคงที่ (บาท/หน่วย)

FiT Premium = อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษสำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ (8 ปีแรก)

Core Inflation = อัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ i-1 (%)

i = ปีที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบ

ทั้งนี้ สมมติฐานในการคำนวณอัตราราคาจำหน่ายไฟฟ้าของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สมมติฐานคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT)

ตัวแปร	**ค่าสมมติฐาน (บาท/หน่วย)**	**แหล่งที่มาข้อมูล**
1. FiT_F แบบคงที่เท่ากันทุกปีตลอดอายุโครงการ	3.13	อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน Feed-in Tariff (FiT) สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2557
2. FiT_V แบบผันแปร ซึ่งจะมีการปรับขึ้นทุกปี ตามดัชนี้ราคาผู้บริโภคพื้นฐาน A/A ที่กำหนดโดยกระทรวงพาณิชย์ เป็นค่า Core $InFlation_{2564}$ ที่ร้อยละ 2.3 ในการคำนวณอัตรา FiT_v ในปี 2565	2.26	ตามประกาศ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง สูตรการคำนวณอัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff ในส่วนผันแปร (FiT_v) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน และอัตรา FiT_v ประจำปี 2565

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	ค่าสมมติฐาน (บาท/หน่วย)	แหล่งที่มาข้อมูล
3. FiT Premuim สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ จะได้รับการสนับสนุนในช่วง 8 ปีแรก	0.5	อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน Feed-in Tariff (FiT) สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ตามมติ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2557
อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับ 1- 8 ปีแรก	5.89	
อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับ ปีที่ 9 เป็นต้นไป	5.39	

(3) ผลประโยชน์ของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลมาจากรายได้การขายคาร์บอนเครดิต โดยทำการประเมินคาร์บอนผ่านโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program) และทำการขายคาร์บอนเครดิตผ่านการซื้อขายผ่านแพลตฟอร์มตลาดซื้อขาย (Trading Platform) ปัจจุบันทำการซื้อขายผ่านแพลตฟอร์ม FTIX โดยมีราคาการซื้อขายชีวมวลอยู่ที่ 200 บาท/ tCO_2eq

5.2.2.3 อัตราคิดลดแบบวิธีต้นทุนทางการเงินเฉลี่ย (WACC)

การคำนวณอัตราคิดลดของงานวิจัยนี้มาจากต้นทุนทางการเงิน โดยใช้วิธีต้นทุนทางการเงินเฉลี่ย (Weighted Average cost of capital : WACC) เท่ากับ 8.3% ซึ่งมาจากสมการ

$$WACC = \frac{E}{E+D} \times k_e + \frac{D}{E+D} \times k_d \times (1 - T_c) \quad (9)$$

โดยที่

k_e = ต้นทุนส่วนเจ้าของ

k_d = ต้นทุนส่วนเงินกู้

E = ส่วนของเจ้าของ

D = หนี้สิน

TC = อัตราภาษีนิติบุคคล

โดยสมมติฐานทางการเงินที่ใช้ในการประเมินคำนวณมาจาก ดังตาราที่ 13

ตารางที่ 13 สมมติฐานทางการเงิน

ตัวแปร	**ค่าสมมติฐาน**
ต้นทุนส่วนของผู้ถือหุ้น (Cost of Equity)	40%
ต้นทุนของเงินกู้ยืม (Cost of Debt)	60%
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	6.00%
Risk Free ประมาณจากผลตอบแทนของพันธบัตรรัฐบาล	2.20%
Risk Market (ประมาณการจากผลตอบแทนจากหุ้นในตลาดหลักทรัพย์ Set Index)	13.87%
β Beta (ประมาณจากค่าความเสี่ยงอย่างมีระบบของสินทรัพย์เสี่ยง ในกรณีนี้เลือกใช้ค่าเฉลี่ยของหุ้นในกลุ่มพลังงานหมุนเวียนในตลาดหลักทรัพย์)	0.98
ภาษี (Tax) คำนวณจากภาษีเงินได้นิติบุคคล	30%
WACC (Weighted Average cost of capital)	**8.3%**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.2.4 การวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก จะพิจารณาจากส่วนต่างของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (Baseline emission: BE) และผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project emission: PE) กับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage: LE) โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ เป็นกรณีฐานและการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นกรณีดำเนินโครงการ โดยสามารถคำนวณได้ จากสมการที่ 10

GHG Emission Reduction (tCO_2e/y) = Baseline emission (tCO_2e/y) – Project emission + Leakage (tCO_2e/y) (10)

โดยการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงานตามคู่มือ IPCC 2006 ใช้ข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data: AD) คือการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ 2) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) ของก๊าซธรรมชาติ เท่ากับ 55.19 $kgCO_{2eq}$/MMBTU โดยสามารถคำนวณ ดังสมการที่ 11

$$GHG = AD \times EF \quad (11)$$

โดยที่ GHG = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)

AD = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า (MMBTU)

EF = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิง (tCO_{2eq}/MMBTU)

ผลการวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจกของโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ (Combined cycle power plant) 1 MW เท่ากับ 0.348 tCO_2eq/MWh โดยมีสมมติฐานในการคำนวณ ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สมมติฐานในการคำนวณการวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก

ตัวแปร	**ค่าสมมติฐาน**	**อ้างอิง**
กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	1	จากผลการศึกษาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของ Bloomberg จากรายงานของคณะกรรมาธิการขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ
กำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพ (Effective Capacity: Eff)	0.98	
ค่าตัวประกอบกำลังการผลิต (Capacity Factor: CF)	83%	
Planned Capacity (Eff × CF)	0.81	
จำนวนชั่วโมงที่เดินเครื่องต่อปี (เดินเครื่องผลิตไฟฟ้า 24 ชั่วโมงต่อวัน ต่อเนื่อง 345 วันต่อปี)	8,280	
ปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อปี (MWh)	6,735	
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี (MMBTU)	42,430	
ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซธรรมชาติ ($kgCO_2eq$/MMBTU)	55.19	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า (tCO_2eq/MWh)	0.35	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.4 คำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินต้นทุนและการประเมินผลประโยชน์ สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติและโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล และการวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก โดยสามารถคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก ดังสมการที่ 12

$$MAC = \left(\frac{IC_t + OM_t + \sum CC_t - S_t}{AEF}\right) \quad (12)$$

โดยที่ MAC คือ ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของโครงการหรือเทคโนโลยี (บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

IC_t คือ ค่าใช้จ่ายลงทุนในปีแรกเริ่มของเทคโนโลยี (บาท)

OM_t คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและดูแลรักษา (บาท)

S_t คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการ (บาท)

$\sum CC_t$ คือ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดโครงการหรือการติดตั้งและการใช้เทคโนโลยี (บาท)

AEF คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้รายปี (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

รายละเอียดการคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก แสดงดังภาคผนวก ค

5.3 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์

จากผลการพัฒนาสถานการณ์ทั้ง 3 ในบทที่ 4 สามารถนำมาวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์ ภายใต้เงื่อนปัจจัยขับเคลื่อน และตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.3.1 สถานการณ์ที่ 1 (Survival) สถานการณ์ที่ไม่มีการสนับสนุนปัจจัยใด ๆ ไม่ว่าปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ ปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ส่งผลให้ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากถูกจำกัดด้วยต้นทุนการผลิตและไม่มีการสนับสนุนในด้านการรับซื้อไฟฟ้า โดยสมมุติฐานในการวิเคราะห์ศักยภาพของสถานการณ์ที่ 1 ได้กำหนดให้ไม่มีนโยบายอัตรารับซื้อไฟฟ้าชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff และปัจจัยด้านต้นทุนสูง ได้แก่ ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลและต้นทุนเชื้อเพลิง ส่งผลให้ปริมาณศักยภาพเชิงพื้นที่ต่ำ โดยมีรายละเอียดสมมติฐาน ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สมมติฐานการวิเคราะห์ศักยภาพสถานการณ์ที่ 1

ตัวแปร	ค่าสมมติฐานในการคำนวณ	หน่วย
เงินลงทุนของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW	72,276,400	บาท/เมกะวัตต์

ตัวแปร	ค่าสมมติฐานในการคำนวณ	หน่วย
เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง		
เงินลงทุนของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น	62,600,00	บาท/เมกะวัตต์
ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง	5,420,730	บาท/เมกะวัตต์
ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น	3,756,000	บาท/เมกะวัตต์
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มเชื้อเพลิงรวม (ฟางข้าว, ลำต้น ซัง และเปลือกข้าวโพด, ลำต้นและยอดใบมันสำปะหลัง)	728	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มใบอ้อย	690	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มปาล์มน้ำมัน	720	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มยางพารา	435	บาท/ตัน
ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) กรมพัฒนาที่ดิน	169,930,791	ไร่
ปริมาณผลผลิตต่อไร (Yield)	ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าต่ำสุดในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ.ที่ทำการเก็บข้อมูล	กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณผลผลิตของพืชรวมสำหรับภาคการผลิตไฟฟ้า	186,905,218	ตัน

5.3.2 สถานการณ์ที่ 2 (Competitive) สถานการณ์ที่มีการสนับสนุนปัจจัยด้านนโยบายจากภาครัฐ โดยมีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff ให้กับผู้ผลิตไฟฟ้าแต่ปัจจัยต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ายังคงสูง ส่งผลให้ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทางการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง โดยสมมุติฐานในการวิเคราะห์ศักยภาพของสถานการณ์ที่ 2 ได้กำหนดมีนโยบายอัตรารับซื้อไฟฟ้าชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff แต่ปัจจัยด้านต้นทุนยังคงสูง ได้แก่ ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลและต้นทุนเชื้อเพลิงสูง ส่งผลให้ปริมาณศักยภาพเชิงพื้นที่ปานกลาง เนื่องจากมีการสนับสนุนด้านนโยบายภาครัฐ โดยมีรายละเอียดสมมติฐาน ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สมมติฐานการวิเคราะห์ศักยภาพสถานการณ์ที่ 2

ตัวแปร	ค่าสมมติฐานในการคำนวณ	หน่วย
เงินลงทุนของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง	72,276,400	บาท/เมกะวัตต์
เงินลงทุนของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น	62,600,00	บาท/เมกะวัตต์
ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง	5,420,730	บาท/เมกะวัตต์
ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น	3,756,000	บาท/เมกะวัตต์
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มเชื้อเพลิงรวม (ฟางข้าว, ลำต้น ซัง และเปลือกข้าวโพด, ลำต้นและยอดใบมันสำปะหลัง)	728	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มใบอ้อย	690	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มปาล์มน้ำมัน	720	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มยางพารา	435	บาท/ตัน
ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) กรมพัฒนาที่ดิน	169,930,791	ไร่
ปริมาณผลผลิตต่อไร (Yield)	ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. ที่ทำการเก็บข้อมูล	กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณผลผลิตของพืชรวมสำหรับภาคการผลิต	271,999,722	ตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	ค่าสมมติฐานในการคำนวณ	หน่วย
ไฟฟ้า		

5.3.3 สถานการณ์ที่ 3 (Comfortable) สถานการณ์ที่มีการสนับสนุนทั้งปัจจัยด้านนโยบายภาครัฐ และปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า โดยสมมุติฐานในการวิเคราะห์ศักยภาพของสถานการณ์ที่ 3 ได้กำหนดมีนโยบายอัตรารับซื้อไฟฟ้าชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff และการสนับสนุนปัจจัยด้านต้นทุน โดยต้นทุนค่าก่อสร้างของโรงไฟฟ้าชีวมวลต่ำ จากการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลรวมถึงต้นทุนพลังงานหมุนเวียนมีแนวโน้มลดลง ในส่วนของต้นทุนเชื้อเพลิงมีการดำเนินการทำสัญญาจัดหาและสัญญาซื้อ-ขาย เชื้อเพลิงส่งผลให้ราคาเชื้อเพลิงราคาต่ำ ส่งผลให้ปริมาณศักยภาพเชิงพื้นที่สูง เนื่องจากมีการสนับสนุนด้านนโยบายภาครัฐและด้านต้นทุน โดยมีรายละเอียดสมมติฐาน ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 สมมติฐานการวิเคราะห์ศักยภาพสถานการณ์ที่ 3

ตัวแปร	ค่าสมมติฐานในการคำนวณ	หน่วย
เงินลงทุนของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง	62,590,000	บาท/เมกะวัตต์
เงินลงทุนของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น	61,000,00	บาท/เมกะวัตต์
ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง	4,694,250	บาท/เมกะวัตต์
ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น	3,660,000	บาท/เมกะวัตต์
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มเชื้อเพลิงรวม (ฟางข้าว, ลำต้น ซัง และเปลือกข้าวโพด, ลำต้นและยอดใบมันสำปะหลัง)	570	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มใบอ้อย	600	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มปาล์มน้ำมัน	600	บาท/ตัน
ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลกลุ่มยางพารา	300	บาท/ตัน
ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่	209,373,548	ไร่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	ค่าสมมติฐานในการคำนวณ	หน่วย
เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) กรมพัฒนาที่ดิน		
ปริมาณผลผลิตต่อไร (Yield)	ผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ.	กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณผลผลิตของพืชรวมสำหรับภาคการผลิตไฟฟ้า	404,721,115	ตัน

5.4 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์

จากการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์ ภายใต้สมมติฐานของปัจจัยขับเคลื่อนและตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ พบว่า

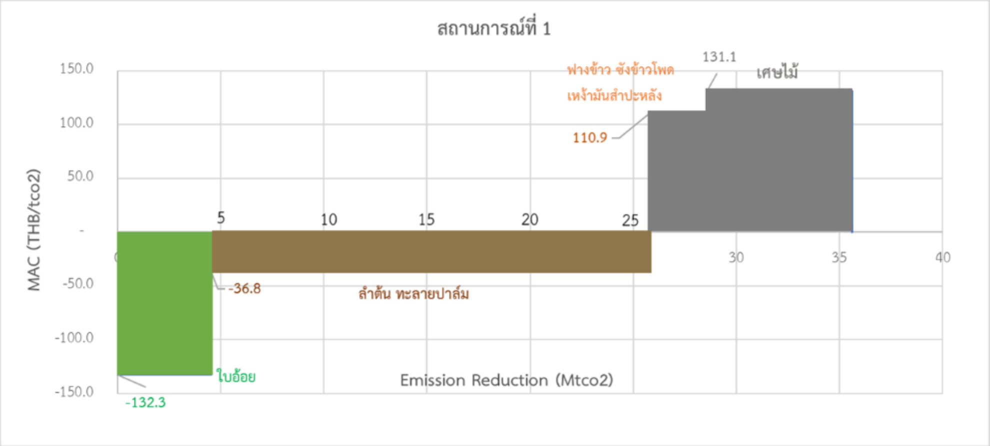
5.4.1 สถานการณ์ที่ 1 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร 10,596 MW และต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 1 พบว่าต้นทุนส่วนเพิ่มอยู่ระหว่าง -132 ถึง 131 บาท/tCO_2eq แสดงดังรูปที่ 13 โดยในสถานการณ์ที่ 1 พิจารณาเลือกโครงการที่มีค่าต้นทุนส่วนเพิ่มติดลบ เนื่องจากเป็นโครงการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุดและมีความคุ้มค่าในการลงทุน กล่าวคือ ต้นทุนในการลงทุนน้อยกว่าต้นทุนที่ประหยัดได้ ได้แก่โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย เทคโนโลยีระบบเผาไหม้ ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่ม -132 บาท/ tCO_2eq และโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่ม -36 บาท/ tCO_2eq โดยปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 25,817,695 tCO_2eq ดังตารางที่ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ 1

สถานการณ์ที่ 1			
ประเภทโครงการ	ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (บาท/tCO_2eq)	ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MW)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย	-132	1,867	4,549,731
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน	-37	8,729	21,267,964

สถานการณ์ที่ 1			
ประเภทโครงการ	ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (บาท/tCO_2eq)	ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MW)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงรวม	111	1,137	2,770,999
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงเศษไม้ยางพารา	131	2,878	7,012,792



ภาพที่ 17 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 1

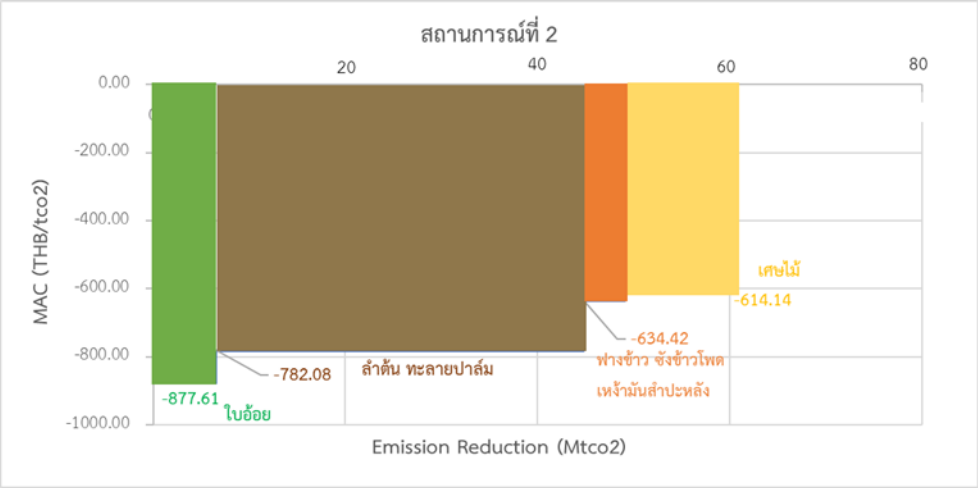
5.4.2 สถานการณ์ที่ 2 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร 24,940 MW ต้นทุนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 2 พบว่าต้นทุนส่วนเพิ่มอยู่ระหว่าง -878 ถึง -614 บาท/tCO_2eq แสดงดังรูปที่ 14 โดยในสถานการณ์ที่ 2 จะเห็นได้ว่าต้นทุนส่วนเพิ่มติดลบทุกโครงการ โดยพิจารณาเลือกโครงการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุดเป็นลำดับแรก ได้แก่ โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่ม -878 บาท/ tCO_2eq และโครงการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นจะถูกเลือกเป็นลำดับถัดมา ได้แก่ โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย และโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงเศษไม้ยางพารา ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่ม -782 -634 และ -614 บาท/ tCO_2eq ตามลำดับ โดยปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 60,766,225 tCO_2eq ดังตารางที่ 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ 2

สถานการณ์ที่ 2

ประเภทโครงการ	ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (บาท/tCO_2eq)	ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MW)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย	-878	2,676	6,519,057
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน	-782	15,706	38,268,040
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงรวม	-634	1,768	4,308,835
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงเศษไม้ยางพารา	-614	4,790	11,670,293



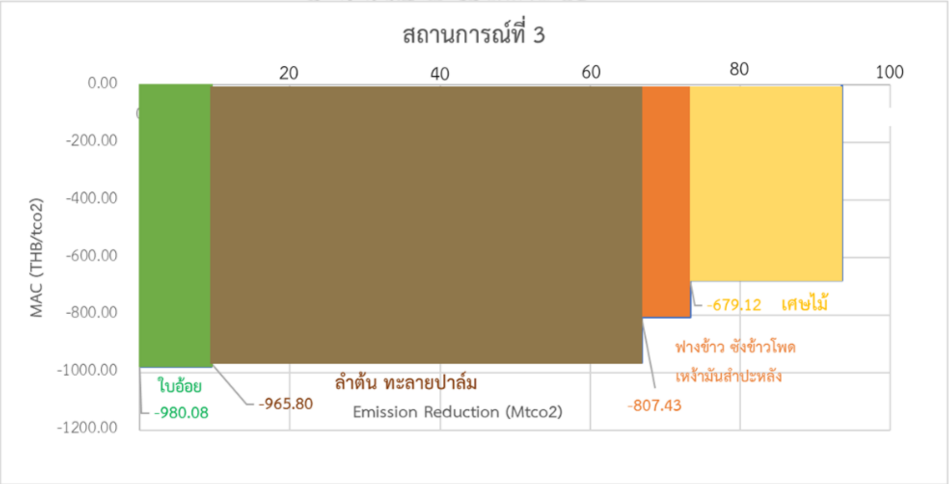
ภาพที่ 18 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 2

Chulalongkorn University

5.4.3 สถานการณ์ที่ 3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร 38,376 MW โดยเป็นสถานการณ์ที่มีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลสูงสุด และต้นทุนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 3 อยู่ระหว่าง -980 ถึง -679 บาท/tCO_2eq แสดงดังรูปที่ 15 โดยในสถานการณ์ที่ 3 จะเห็นได้ว่าต้นทุนส่วนเพิ่มติดลบทุกโครงการ เช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 2 จึงพิจารณาเลือกโครงการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุดเป็นลำดับแรก ได้แก่ โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่ม -980 บาท/tCO_2eq และโครงการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นจะถูกเลือกเป็นลำดับถัดมา ได้แก่ โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย และโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงเศษไม้ยางพารา ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่ม -966 -807 และ -679 บาท/ tCO_2eq ตามลำดับ โดยปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 93,501,754 tCO_2eq ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ 3

สถานการณ์ที่ 3			
ประเภทโครงการ	ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (บาท/tCO_2eq)	ศักยภาพการผลิตไฟฟ้า (MW)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย	-980	3,894	9,486,631
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน	-966	23,534	57,339,313
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงรวม	-807	2,655	6,469,619
โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงเศษไม้ยางพารา	-679	8,293	20,206,190



ภาพที่ 19 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของสถานการณ์ที่ 3

จากผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณทั้ง 3 สถานการณ์ จะเห็นได้ว่าศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร จะขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นที่เพาะปลูก และปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield) ในขณะที่การวิเคราะห์การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC) จะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านต้นทุน ได้แก่ ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ต้นทุนเชื้อเพลิง รวมถึงผลประโยชนที่ได้รับจากโครงการ กรณีมีการสนับสนุนด้านนโยบายอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล ในรูปแบบ Feed-in Tariff ทั้งนี้ การสรุปการวิเคราะห์ฉากทัศน์

ภายใต้ปัจจัยขับเคลื่อน การกำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ และสรุปการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณ จะกล่าวในบทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย จากนั้นทำการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อพิจารณาเลือกสถานการณ์ที่ถูกกำหนดด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบและปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง มากที่สุด และทำการพัฒนาสถานการณ์ภายใต้การกำหนดเงื่อนไขของปัจจัยขับเคลื่อน รวมถึงได้กำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ โดยสามารถสรุปผลวิจัยดังต่อไปนี้

6.1.1 จากกระบวนการการวิเคราะห์ฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ทั้ง 7 ขั้นตอน โดยมีปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย จากการทบทวนวรรณกรรมและการทำแบบสอบถาม มีจำนวนทั้งสิ้น 35 ปัจจัย และเมื่อทำการจัดลำดับปัจจัย พบว่ามีปัจจัยที่อยู่ในกลุ่มสถานการณ์วิกฤต (Critical uncertainty) จำนวน 9 ปัจจัย โดยพิจารณาเลือกสถานการณ์จากปัจจัยขับเคลื่อนที่ทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) และมีแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) มากที่สุด ต่อฉากทัศน์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ได้แก่ ปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ เช่น อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff และปัจจัยด้านต้นทุนการผลิตไฟฟ้า เช่น ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงชีวมวล ต้นทุนค่าการสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และทำการพัฒนาสถานการณ์ภายใต้ปัจจัยและเงื่อนที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ฉากทัศน์ได้กำหนดให้มีตัวชี้วัดเพื่อติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ โดยการกำหนดตัวชี้วัดพิจารณาจากปัจจัยเชิงปริมาณที่อยู่ในกลุ่มสถานการณ์วิกฤต (Critical uncertainty) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขของปัจจัยขับเคลื่อน

6.2.2 กำหนดตัวชี้วัดสำหรับการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดตัวชี้วัดในการติดตามและตรวจสอบสถานการณ์เป็นปัจจัยเชิงปริมาณ ได้แก่ การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.1.1 การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย พบว่าศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมากที่สุด 38,376 MW รองลงมา ได้แก่ 24,940 MW และ 10,596 MW ตามลำดับ

6.2.1.2 การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) จากทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกอยู่ระหว่าง -980 ถึง 131 บาท/tCO_2eq โดยพิจารณาเลือกโครงการที่มีค่าต้นทุนส่วนเพิ่มติดลบ เนื่องจากเป็นโครงการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุดและมีความคุ้มค่าในการลงทุน กล่าวคือ ต้นทุนในการลงทุนน้อยกว่าต้นทุนที่ประหยัดได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 สมมติฐานในการประเมินศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ของงานวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลปริมาณผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยย้อนหลังของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และสัดส่วนการจัดเก็บเศษวัสดุทางการเกษตร จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หากมีสมมติฐานอื่นในการคำนวณอาจจะส่งผลต่อการประเมินศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

6.2.2 สมมติฐานในการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก ของงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลราคารับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลเฉลี่ย ปี 2565 ของกลุ่มโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล บริษัท แอ๊บโซลูท คลีน เอ็นเนอร์จี้ จำกัด (มหาชน) และต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หากมีสมมติฐานอื่นในการคำนวณอาจจะส่งผลต่อการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก

6.2.3 ในการประเมินศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ควรพิจารณาการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืช ระหว่างภาคเกษตรกรรมและสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า รวมถึงพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้าและระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล

6.2.4 ควรจัดให้มีการพิจารณาแผนที่ระบบสายส่งไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล และปริมาณการรับซื้อไฟฟ้า เพื่อพิจารณาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าที่สามารถจ่ายเข้าระบบส่งไฟฟ้าได้จริง

6.3 ข้อจำกัดในการวิจัย

6.3.1 ข้อมูลที่นำมาใช้ในส่วนใหญ่เป็นการรวมรวบข้อมูลจากหลายหน่วยงาน มีช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน ปริมาณข้อมูลย้อนหลังที่หาได้ ทำให้ข้อมูลอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ ถ้าหากใช้ข้อมูลที่ถูกต้องมาวิเคราะห์จะทำให้ผลลัพธ์มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

6.3.2 ข้อมูลทางการเกษตร เช่น พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยวปริมาณผลผลิตต่อไร่ ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล ค่อนข้างแปรปรวน หากมีปัจจัยภายนอกที่มากระทบ เช่น ฤดูกาล ภัยพิบัติ สภาวะตลาด ทำให้ ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าศักยภาพที่ได้มีความแปรปรวน

6.3.3 ในการประเมินศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรพิจารณาจากด้านอุปทานทั้งหมดเท่านั้น ซึ่งหากมีงานวิจัยต่อไปควรต้องพิจารณาในส่วนของด้านอุปสงค์ด้วย เพื่อให้ได้ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แท้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

1. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, รายงานความก้าวหน้ารายสองปี ฉบับที่ *4 (Fourth Biennial Update Report: BUR4)*. 2566.
2. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย (*Grid Emission Factor)* สำหรับโครงการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก. 2565.
3. กระทรวงพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. *2561-2580 (AEDP)*. 2563 2565; 1 พฤศจิกายน:[Available from: : https://www.dede.go.th/download/Plan_62/20201021_TIEB_AEDP2018.pdf.
4. Pongthanaisawan, J., et al., *Scenario Planning for Low Carbon Tourism City: A Case Study of Nan.* Energy Procedia, 2018. **152**: p. 715-724.
5. (องค์การมหาชน), ส., เครื่องมือการมองอนาคต. 2562, สถาบันการมองอนาคตนวัตกรรม (IFI) : กรุงเทพฯ.
6. Dean, M., *Scenario planning: A literature review.* A report of project, 2019(769276-2).
7. วิชชากร จารุศิริ, พลังงานจากชีวมวลเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้. 2561: โอเอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์ จำกัด.
8. กระทรวงพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงาน ชุดที่ *4* พลังงานชีวมวล. 2554.
9. Lee, N., N. Grue, and E. Rosenlieb, *A GIS-Base Technical Potential Assessment of domestic energy resource for electricity generation*. 2018. p. 3-4.
10. กระทรวงพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, การศึกษา สำรวจ ทบทวนพฤติกรรมการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงค่าคงที่ของอัตราส่วนชีวมวลและค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้.”. 2561.
11. ภัทรอนงค์ คงช่วย, พลังงานจากชีวมวลและวัสดุเหลือใช้ 2561, เชียงใหม่: สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ (งานสำนักพิมพ์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
12. กระทรวงพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, การศึกษาต้นทุนการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงาน ชีวมวลผ่านกระบวนการ *Benchmarking*. 2561.
13. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, คู่มือ การตรวจวัด รายงาน และทวนสอบภาคพลังงานและคมนาคมขนส่ง. 2562.
14. Kesicki, F. and N. Strachan, *Marginal abatement cost (MAC) curves: confronting*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

theory and practice. Environmental Science & Policy, 2011. **14**(8): p. 1195-1204.

15. การุณย์ ชัยวณิชย์, พุทธดี อุบลศุข, and มนตรี สังข์ทอง, การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. **10**(12): p. 36-45.

16. Chen, T.-Y., et al., *Renewable energy technology portfolio planning with scenario analysis: A case study for Taiwan.* Energy Policy, 2009. **37**(8): p. 2900-2906.

17. Wangjiraniran, W., S. Vivanpatarakij, and R. Nidhiritdhikrai, *Impact of Economic Restructuring on the Energy System in Thailand.* Energy Procedia, 2011. **9**: p. 25-34.

18. ทวีชัย อนันทวณิชชยาม, การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากชีวมวลในจังหวัดชัยภูมิ. 2549, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์: กรุงเทพฯ.

19. พุฒิชาติ คิดหาทอง, การศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน 2557. **1**(1): p. 63-76.

20. ขรรค์ชัย บริบูรณ์, การประเมินศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตจังหวัดปทุมธานี. 2553, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์: กรุงเทพฯ.

21. เทวรักษ์ พลยมมาม, การศึกษาความเป็นไปได้ทางพลังงานในการนำพืชชีวมวลเหลือทิ้งตามแหล่งเพาะปลูกมาผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำพื้นที่ศึกษา 5 จังหวัดภาคกลางของประเทศไทยโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, in คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2555, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์: กรุงเทพฯ.

22. จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์, โครงการการศึกษาศักยภาพของพลังงานชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้า. 2551.

23. ธนวรกฤต โอฬารธนพร, ส.ว., นราธิป วงษ์ปัน, สุรัตน์ เศษโพธิ์,, การประเมินก๊าซเรือนกระจกและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลแม่ทะ จังหวัดลำปาง. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 2563. **13**(2): p. 1-11.

24. Muangjai, P., et al., *Assessment of carbon reduction costs in renewable energy technologies for heat generation in Thailand.* Energy Reports, 2021. **7**: p. 366-373.

25. Muangjai, P., et al., *Marginal abatement cost of electricity generation from renewable energy in Thailand.* Energy Reports, 2020. **6**: p. 767-773.

26. พลยมมา, เ. and T. Pholyomma, การศึกษาความเป็นไปได้ทางพลังงานในการนำพืชชีวมวลเหลือทิ้งตามแหล่งเพาะปลูก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มาผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำพื้นที่ศึกษา *5* จังหวัดภาคกลางของประเทศไท

ยโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. 2012: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

27. ชุมรุม, ป. and P. Chumrum, มาตรการทางกฎหมายในการส่งเสริมโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล: กรณีศึกษาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. 2018: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
28. สุขวัฒก์ ธันธรา, การประเมินเทคโนโลยีและต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลประเภทวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศไทย. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน **10**: p. 276-275.
29. ไชยยะ คงมณี, วิธีการประเมินศักยภาพชีวมวลอย่างง่าย: กรณีศึกษาการประเมินศักยภาพชีวมวลจากไม้ยางพาราสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากใน *3* จังหวัดชายแดนใต้. 2560, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์: กรุงเทพฯ.
30. วีรชัย อาจหาญ, ส.ด., ชิงชัย วิริยะบัญชา,, การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
31. เจริญยิ่งสุขจินดา, อ. and A. Jaroenyingsookjinda, การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนนโยบายสนับสนุนของภาครัฐต่อการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากจากเศษไม้ยางพาราในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษเฉพาะกิจ กรณีศึกษา : อำเภอ สะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา. 2015: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
32. ปัญจวรณ์, ณ. and N. Punjavorn, การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและเศรษฐศาสตร์สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแบบ *SPP hybrid firm*. 2017: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
33. พีรภพ จองมทอง, การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล. 2559, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
34. ปินตานา, ภ., แบบจำลองการประมาณต้นทุน พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากกิจกรรมโลจิสติกส์ของชีวมวล สำหรับการใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน. 2552, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.
35. Thomas, A., A. Bond, and K. Hiscock, *A GIS based assessment of bioenergy potential in England within existing energy systems.* Biomass and Bioenergy, 2013. **55**: p. 107-121.
36. Agency, I.E., *20 Renewable energy Policy Recommendations*.
37. Fred Beck, *Renewable Energy Policies and Barriers*. 2004.
38. Agency, I.R.E., *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*.
39. กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ *Feed-in Tariff*. 2558 [cited 2566 30 มกราคม]; Available from: https://www.eppo.go.th/images/Power/pdf/FT-history/FiT_2558.pdf.
40. กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, การทบทวนต้นทุนราคารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ *Feed-in tariff* ปี *2558* 2558.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

41. ยงบรรเจิด, ว. and W. Yongbanjerd, การกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าในระบบ *feed-in tariff* ของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล. 2015: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

42. กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผน, แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. *2561 – 2580 (PDP2018 Rev.1)* 2561.

43. กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนการขับเคลื่อนดำเนินงานด้านสมาร์ทกริดของประเทศไทย ระยะปานกลาง พ.ศ. *2565 – 2574*. 2565 [cited 2566 10 มีนาคม]; Available from: https://thai-smartgrid.com/.

44. กรมพัฒนาที่ดิน. แนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (*Agri-map*). 2564 [cited 2565 20 พฤศจิกายน]; Available from: https://www.ldd.go.th/Agri-Map/Index.html.

45. อณวัชร์ ชำนาญโชติ, โครงการศึกษาผลต่อชุมชนจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล : กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าชีวมวลรากไม้ยางพารา อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง. 2560.

46. ศุภกิจ นันทะวรการ, การศึกษา อุดรูรั่ว...โรงไฟฟ้าชีวมวล แนวทางการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพสำหรับชุมชน กรณี โรงไฟฟ้าชีวมวล. 2555: มูลนิธินโยบายสุขภาวะ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ธัญชนก เชิดชู
วัน เดือน ปี เกิด	19 สิงหาคม 2539
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	111/97 หมู่บ้านพาทิโอ วิภาวดี-สรงประภา แขวงดอนเมือง เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามเพื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย โดยผู้วิจัยได้จับทำแบบสบผ่าน Google Forms โดยแบ่งหัวข้อการสอบถามออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 ชื่อ-นามสกุล

1.2 ตำแหน่ง

1.3 หน่วยงาน

ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้รับจากการตอบแบบสอบถามฉบับนี้ ผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับอย่างเคร่งครัด และไม่เปิดเผยต่อสาธารณะชนในกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น และจะใช้ข้อมูลเพื่อประโยชน์ทางด้านวิชาการเท่านั้น

2. การวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรสำหรับประเทศไทย จากการทบทวนวรรณกรรม (Literature review) งานวิจัย เอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง และได้แบ่งกลุ่มปัจจัยในแต่ละด้าน แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อน

ปัจจัยขับเคลื่อน	
ด้านนโยบาย (Policy: P)	P1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวล Feed-in Tariff
	P2 เป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP)
	P3 เป้าหมายการลดการปล่อย CO_2 เพื่อบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality 2050)
	P4 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน
	P5 นโยบายการซื้อขายไฟฟ้าโดยตรง (Direct Power Purchase Agreement)
	P6 ความพร้อมของระบบส่งไฟฟ้า
	P7 การเก็บภาษีคาร์บอน
	P8 นโยบายการยกเลิกการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
	P9 การแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน
ด้านเศรษฐกิจ (Economic: E)	E1 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล
	E2 ราคาเชื้อเพลิงฟอสซิล

ปัจจัยขับเคลื่อน	
	E3 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล
	E4 ปริมาณจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล
	E5 การซื้อขายและขอรับรองเครดิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Certificate: REC)
	E6 ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล
	E7 การกระจายตัวของจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล
	E8 ระยะห่างระหว่างสายส่งไฟฟ้าและตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล
ด้านเทคโนโลยี (Technology)	T1 เทคโนโลยีในการเพาะปลูกหรือการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
	T2 เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล
	T3 เทคโนโลยี Smart Grid เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ และระบบพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน
ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)	EN1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล
	EN2 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เก็บเกี่ยว
	EN3 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)
ด้านสังคม (Social: S)	S1 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน

จากการวิเคราะห์ปัจจัยดังกล่าว ได้นำมาสู่การจัดลำดับปัจจัย (Ranking) โดยจะพิจารณาการจัดลำดับ ดังนี้

3.1. การจัดลำดับปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact) ต่อศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในอนาคต

ตารางที่ 22 การจัดลำดับปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)

ปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
P1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวล Feed-in Tariff					
P2 เป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP)					
P3 เป้าหมายการลดการปล่อย CO_2 เพื่อบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality 2050)					
P4 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน					
P5 นโยบายการซื้อขายไฟฟ้าโดยตรง (Direct Power Purchase Agreement)					
P6 ความพร้อมของระบบส่งไฟฟ้า					
P7 การเก็บภาษีคาร์บอน					
P8 นโยบายการยกเลิกการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล					
P9 การแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน					
E1 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล					
E2 ราคาเชื้อเพลิงฟอสซิล					
E3 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล					
E4 ปริมาณจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล					
E5 การซื้อขายและขอรับรองเครดิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Certificate:					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
REC)					
E6 ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล					
E7 การกระจายตัวของจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล					
E8 ระยะห่างระหว่างสายส่งไฟฟ้าและตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล					
T1 เทคโนโลยีในการเพาะปลูกหรือการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร					
T2 เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล					
T3 เทคโนโลยี Smart Grid เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ และระบบพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน					
EN1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล					
EN2 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เก็บเกี่ยว					
EN3 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)					
S1 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล					

3.2. การจัดลำดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty) ต่อศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 23 การจัดลำดับปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)

ปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)	**มากที่สุด 5**	**มาก 4**	**ปานกลาง 3**	**น้อย 2**	**น้อยที่สุด 1**
P1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวล Feed-in Tariff					
P2 เป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP)					
P3 เป้าหมายการลดการปล่อย CO_2 เพื่อบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality 2050)					
P4 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน					
P5 นโยบายการซื้อขายไฟฟ้าโดยตรง (Direct Power Purchase Agreement)					
P6 ความพร้อมของระบบส่งไฟฟ้า					
P7 การเก็บภาษีคาร์บอน					
P8 นโยบายการยกเลิกการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล					
P9 การแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน					
E1 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล					
E2 ราคาเชื้อเพลิงฟอสซิล					
E3 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล					
E4 ปริมาณจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล					
E5 การซื้อขายและขอรับรองเครดิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Certificate:					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
REC)					
E6 ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล					
E7 การกระจายตัวของจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล					
E8 ระยะห่างระหว่างสายส่งไฟฟ้าและตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล					
T1 เทคโนโลยีในการเพาะปลูกหรือการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร					
T2 เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล					
T3 เทคโนโลยี Smart Grid เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ และระบบพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน					
EN1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล					
EN2 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เก็บเกี่ยว					
EN3 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)					
S1 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล					

4. การวิเคราะห์ปัจจัยอื่น ๆ นอกจากปัจจัยข้างต้นที่ผู้วิจัยได้กล่าวถึง ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเสนอปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรสำหรับประเทศไทย
5. ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับปัจจัย จากการทำแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งสิ้น 70 คน โดยมีผลคะแนนการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน ดังตารางที่ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ผลคะแนนการจัดลำดับปัจจัยขับเคลื่อน

ปัจจัยขับเคลื่อน	ปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)	ปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)
1. ด้านนโยบาย (Policy)		
P1 อัตราการรับซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff	4.40	4.29
P2 เป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP)	3.93	4.14
P3 เป้าหมายการลดการปล่อย CO_2 เพื่อบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality 2050)	3.53	3.73
P4 นโยบายการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน	4.06	3.87
P5 นโยบายการซื้อขายไฟฟ้าโดยตรง (Direct Power Purchase Agreement)	3.94	3.90
P6 ความพร้อมของระบบส่งไฟฟ้า	4.01	3.83
P7 การเก็บภาษีคาร์บอน	3.77	3.80
P8 นโยบายการยกเลิกการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	3.86	3.97
P9 การแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน	4.04	3.80
P10 นโยบายทางการเมือง และความต่อเนื่องของการดำเนินนโยบายของภาครัฐ	4.40	4.40
P11 นโยบายการใช้ประโยชน์ที่ดิน กฎหมายผังเมือง การถือครองที่ดิน	3.50	2.50
2. ด้านเศรษฐกิจ (Economic)		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยขับเคลื่อน	ปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)	ปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)
E1 ราคาเชื้อเพลิงชีวมวล	4.49	4.42
E2 ราคาเชื้อเพลิงฟอสซิล	3.90	4.04
E3 ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล	4.17	4.14
E4 ปริมาณจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล และการบริหารจัดการด้านเชื้อเพลิงชีวมวล (Supply)	3.93	3.96
E5 การซื้อขายและขอรับรองเครดิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Certificate: REC)	3.71	3.83
E6 ระยะทางในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล	3.81	3.80
E7 การกระจายตัวของจุดรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวล และการจัดทำสัญญาซื้อขายชีวมวล	3.81	3.81
E8 ระยะห่างระหว่างสายส่งไฟฟ้าและตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล	3.63	3.71
E9 ต้นทุนของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล	4.50	4.00
E10 สถานการณ์พลังงานโลก/ไทย เช่น สงครามรัสเซีย-ยูเครน ที่ส่งผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจ	3.50	4.50
E11 การต่อยอดธุรกิจโรงไฟฟ้าในด้านของการจัดหาเชื้อเพลิง เช่น ธุรกิจโรงสี ธุรกิจแปรรูปชีวมวล เพื่อรองรับการขยายกำลังการผลิตในอนาคต	4.00	3.67
3. ด้านเทคโนโลยี (Technology)		
T1 เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการเพาะปลูกหรือการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	3.51	3.82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยขับเคลื่อน	ปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)	ปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)
T2 การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าลดลง	3.97	4.06
T3 เทคโนโลยี Smart Grid เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ และระบบพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน	3.77	4.01
4. ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)		
EN1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล	3.77	3.84
EN2 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร	4.01	3.90
EN3 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Yield)	4.06	4.03
EN4 คุณภาพของชีวมวล	4.20	3.80
EN5 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภัยธรรมชาติที่มีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร	4.20	3.80
EN6 การบริหารจัดการพื้นที่ชลประทาน และแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร	3.50	3.50
EN7 การพัฒนาและใช้ประโยชน์ที่ดินไปในด้านอื่น ๆ เช่น ด้านการมท่องเที่ยว	3.50	3.50
5. ด้านสังคม (Social)		
S1 การต่อต้านของชุมชนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล	4.13	4.03
S2 การสร้างความเข้าใจและความเชื่อมั่นของ	4.33	3.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยขับเคลื่อน	**ปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลกระทบ (Impact)**	**ปัจจัยที่มีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (Uncertainty)**
เกษตรกรและผู้ผลิตไฟฟ้า		
S3 การขาดแคลนแรงงานเกษตร จากการไหลไปสู่การท่องเที่ยว และ สังคมสูงอายุ	4.00	2.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
ในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณ โดยแบ่งการประเมิน ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลปริมาณพื้นที่เพาะปลูกของพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา และปาล์มน้ำมัน โดยพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยพิจารณาลักษณะพื้นที่ ดังนี้

1.1 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูงคงเหลือ (S1)

1.2 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางคงเหลือ (S2)

1.3 พื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพื้นที่เหมาะสมในพื้นที่นั้น ๆ

ตารางที่ 25 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว

ผลผลิตทางการเกษตร	พื้นที่ทำการปลูกจริง ณ ปัจจุบัน (ไร่)	พื้นที่ที่มีความเหมาะสมคงเหลือ (S1)+(S2) (ไร่)	พื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพื้นที่เหมาะสมในพื้นที่นั้น ๆ (ไร่)	รวมทั้งสิ้น (ไร่)
ข้าว	65,979,545	18,574,845	3,735,651	22,310,496
ข้าวโพด	3,554,700	16,769,533	2,658,692	19,428,225
อ้อย	16,399,138	34,547,212	7,048,485	41,595,697
มันสำปะหลัง	12,789,519	36,154,760	7,887,471	44,042,231
ยางพารา	22,025,891	47,849,923	16,584,900	64,434,823
ปาล์มน้ำมัน	4,655,199	16,034,518	1,527,558	17,562,076

2. การวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลโดยพิจารณาจากพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ 6 ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และยางพารา และได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ แสดงดังตารางที่ 26-31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 26 ข้าว: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต

ข้าว				
ปี	**พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)**	**พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)**	**ผลผลิต (ตัน)**	**ผลผลิตต่อไร (Yield) กิโลกรัมต่อไร่**
2531	63,846,179	61,152,761	20,175,720	330
2532	64,500,509	62,440,763	21,857,745	350
2533	63,448,475	55,870,740	17,026,814	305
2534	58,882,314	55,847,665	19,808,691	355
2535	60,788,588	57,578,458	20,183,993	351
2536	60,311,220	54,051,546	19,097,497	353
2537	59,471,363	54,857,176	20,125,312	367
2538	61,710,962	55,298,959	20,678,616	374
2539	63,237,095	57,484,216	22,068,747	384
2540	63,394,628	61,217,177	23,338,543	381
2541	63,471,484	60,160,521	23,454,156	390
2542	63,040,352	61,088,084	23,351,219	382
2543	65,635,709	60,716,670	24,944,112	411
2544	66,555,482	63,624,366	28,465,049	447
2545	65,341,645	59,204,608	27,510,307	465
2546	66,504,895	63,701,098	29,915,238	470
2547	67,083,780	63,033,061	29,322,582	465
2548	66,687,416	62,762,198	29,773,750	474
2549	67,444,610	63,372,594	29,940,530	472
2550	67,460,069	63,924,197	30,464,797	477
2551	70,223,563	67,173,656	32,403,269	482
2552	69,899,871	67,126,677	31,944,928	476
2553	79,796,585	74,576,860	34,710,003	465
2554	81,406,004	72,809,236	36,128,135	496
2555	83,051,832	76,743,055	39,469,250	514
2556	78,167,198	74,099,208	37,856,470	511

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้าว				
ปี	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2557	75,845,675	73,138,133	35,942,057	491
2558	66,524,235	63,504,341	29,658,454	467
2559	63,783,159	61,625,442	28,345,813	460
2560	69,677,369	65,366,015	31,555,194	483
2561	72,047,711	67,662,542	33,142,410	490
2562	72,192,608	65,030,713	31,234,428	480
2563	69,779,604	67,314,347	30,977,600	460
2564	70,942,709	67,452,141	31,329,446	464

ตารางที่ 27 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์				
ปี	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2527	11,356,146	10,866,212	4,225,572	389
2528	12,360,556	11,986,753	4,933,175	412
2529	12,194,584	11,344,606	4,308,768	380
2530	10,941,039	8,484,171	2,780,862	328
2531	11,471,301	11,162,911	4,675,163	419
2532	11,164,995	10,686,537	4,392,579	411
2533	10,910,058	9,657,094	3,722,266	385
2534	9,218,882	8,741,323	3,792,652	434
2535	8,446,151	7,724,881	3,672,022	475
2536	8,369,982	7,610,466	3,328,228	437
2537	8,828,559	8,445,933	3,965,339	469
2538	8,346,269	7,896,251	4,154,518	526
2539	8,664,856	8,216,603	4,532,610	552
2540	8,728,609	7,487,846	3,831,647	512

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์				
ปี	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2541	9,008,115	8,628,052	4,617,455	535
2542	7,719,045	7,541,292	4,286,440	568
2543	7,822,955	7,614,295	4,472,903	587
2544	7,742,246	7,529,354	4,496,960	597
2545	7,373,996	7,128,896	4,259,289	597
2546	7,067,186	6,895,443	4,248,989	616
2547	7,272,497	7,031,993	4,341,474	617
2548	6,905,535	6,704,473	4,093,634	611
2549	6,404,662	6,222,590	3,918,332	630
2550	6,364,005	6,187,449	3,890,218	629
2551	6,691,807	6,517,662	4,249,354	652
2552	7,098,872	6,905,436	4,616,119	668
2553	7,480,933	7,268,112	4,860,746	669
2554	7,401,479	7,178,598	4,972,952	693
2555	7,529,151	7,153,788	4,947,530	692
2556	7,426,514	7,214,650	4,876,180	676
2557	7,231,588	7,073,487	4,729,527	669
2558	6,587,096	6,274,796	4,029,198	642
2559	6,489,813	6,444,886	4,390,185	681
2560	6,579,194	6,552,902	4,820,962	736
2561	6,929,904	6,894,668	5,069,413	735
2562	7,024,503	6,522,121	4,535,058	695
2563	7,088,945	7,009,139	4,995,169	713
2564	6,950,000	6,884,000	4,938,000	717

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 28 อ้อย: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต

อ้อย				
ปี	**พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)**	**พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)**	**ผลผลิต (ตัน)**	**ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่**
2545	N/A	6,320,000	60,013,000	9,496
2546	N/A	7,121,000	74,259,000	10,429
2547	N/A	7,012,000	64,996,000	9,269
2548	N/A	6,670,000	49,586,000	7,434
2549	N/A	6,033,000	47,658,000	7,899
2550	6,516,376	6,314,000	64,365,000	10,194
2551	6,863,300	6,588,000	73,502,000	11,157
2552	7,134,846	6,023,000	66,816,000	11,094
2553	8,461,252	6,310,000	68,808,000	10,905
2554	8,998,286	7,870,000	95,950,000	12,192
2555	9,487,320	8,013,000	98,400,000	12,280
2556	10,078,025	8,260,000	100,096,000	12,118
2557	10,539,927	8,456,000	103,697,000	12,263
2558	11,012,839	9,591,000	106,333,000	11,086
2559	10,988,489	10,278,000	94,064,000	9,152
2560	11,542,550	9,865,000	92,989,000	9,426
2561	12,236,074	11,189,000	131,717,000	11,772
2562	11,959,140	11,957,000	128,530,000	10,749
2563	10,862,610	10,713,000	75,970,000	7,091
2564	11,022,348	9,283,000	66,843,000	7,200

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 29 มันสำปะหลัง: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต

มันสำปะหลัง				
ปี	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2524	7,940,432	7,769,453	17,744,000	2,284
2525	7,726,384	6,794,893	17,787,893	2,618
2526	8,551,545	6,361,602	18,988,469	2,985
2527	8,779,504	8,344,556	19,985,327	2,395
2528	9,230,115	8,603,029	19,262,639	2,239
2529	7,747,893	7,528,372	15,254,850	2,026
2530	8,819,958	8,566,674	19,554,133	2,283
2531	9,879,359	9,667,552	22,306,999	2,307
2532	10,135,986	9,957,275	24,264,026	2,437
2533	9,561,558	9,297,125	20,700,511	2,227
2534	9,322,744	8,959,871	19,705,040	2,199
2535	9,323,451	9,065,866	20,355,723	2,245
2536	9,100,375	8,987,608	20,202,897	2,248
2537	8,817,271	8,641,845	19,091,347	2,209
2538	8,093,403	7,782,231	16,217,378	2,084
2539	7,885,437	7,675,710	17,387,780	2,265
2540	7,906,851	7,689,879	18,083,579	2,352
2541	6,693,742	6,527,382	15,590,556	2,388
2542	7,199,540	6,658,967	16,506,625	2,479
2543	7,405,971	7,068,388	19,064,284	2,697
2544	6,917,769	6,557,801	18,395,801	2,805
2545	6,223,864	6,176,376	16,868,309	2,731
2546	6,434,897	6,386,477	19,717,534	3,087
2547	6,757,407	6,608,363	21,440,487	3,244
2548	6,523,898	6,161,928	16,938,245	2,749
2549	6,933,418	6,692,537	22,584,402	3,375

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มันสำปะหลัง				
ปี	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2550	7,622,883	7,338,809	26,915,541	3,668
2551	7,750,413	7,397,098	25,155,797	3,401
2552	8,583,557	8,292,146	30,088,024	3,628
2553	7,668,659	7,405,168	22,005,740	2,972
2554	7,400,148	7,096,173	21,912,416	3,088
2555	9,242,398	8,513,242	29,848,491	3,506
2556	9,037,273	8,656,942	30,227,542	3,492
2557	8,975,865	8,431,223	30,022,052	3,561
2558	9,319,718	8,961,344	32,357,741	3,611
2559	9,315,012	9,065,277	31,161,103	3,437
2560	8,918,392	8,714,471	30,495,190	3,499
2561	8,624,284	8,327,370	29,368,185	3,527
2562	8,823,412	8,666,596	31,079,966	3,586
2563	9,439,009	8,918,250	28,999,122	3,252
2564	10,919,014	10,406,314	35,094,485	3,372

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 30 ปาล์มน้ำมัน: พื้นที่ให้ผล พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต

ปาล์มน้ำมัน				
ปี	พื้นที่ยืนต้น (ไร่)	พื้นที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2525	282,520	154,340	253,490	1,642
2526	332,580	226,120	302,750	1,339
2527	382,743	282,460	393,120	1,392
2528	440,093	332,260	608,320	1,831
2529	521,567	373,870	692,600	1,853
2530	572,574	431,210	726,210	1,684
2531	603,673	515,346	882,750	1,713

ปาล์มน้ำมัน				
ปี	พื้นที่ยืนต้น (ไร่)	พื้นที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2532	647,786	559,976	1,084,710	1,937
2533	664,369	594,236	1,181,420	1,988
2534	840,646	644,426	1,314,280	2,039
2535	885,806	661,926	1,317,460	1,990
2536	970,533	834,076	1,828,845	2,193
2537	1,049,908	869,753	1,922,519	2,210
2538	1,118,367	958,885	2,254,098	2,351
2539	1,290,106	1,043,219	2,611,334	2,503
2540	1,356,825	1,109,323	2,577,508	2,323
2541	1,450,664	1,284,308	2,522,863	1,964
2542	1,526,073	1,345,126	3,413,030	2,537
2543	1,659,938	1,437,833	3,342,923	2,325
2544	1,826,976	1,517,825	4,096,562	2,699
2545	1,956,199	1,643,861	4,001,376	2,434
2546	2,056,889	1,799,393	4,902,575	2,725
2547	2,405,496	1,932,279	5,181,797	2,682
2548	2,748,078	2,026,204	5,002,670	2,469
2549	2,957,112	2,374,202	6,715,036	2,828
2550	3,200,276	2,663,252	6,389,983	2,399
2551	3,676,096	2,884,720	9,270,510	3,214
2552	3,889,646	3,187,520	8,162,703	2,561
2553	3,904,292	3,384,809	8,227,238	2,431
2554	4,086,521	3,565,460	10,760,020	3,018
2555	4,385,804	3,700,508	11,312,301	3,057
2556	4,489,119	3,773,123	12,434,520	3,296
2557	4,693,844	4,120,175	12,623,959	3,064
2558	5,084,194	4,317,590	12,396,682	2,871

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปาล์มน้ำมัน				
ปี	พื้นที่ยืนต้น (ไร่)	พื้นที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2559	5,409,300	4,520,984	11,662,583	2,580
2560	5,791,374	4,982,074	14,452,284	2,901
2561	5,995,393	5,335,814	15,483,534	2,902
2562	6,115,638	5,673,565	16,422,852	2,895
2563	6,221,799	5,870,742	16,221,918	2,763
2564	6,368,000	6,065,000	16,795,000	2769

ตารางที่ 31 ยางพารา: พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต

ยางพารา				
ปี	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2531	7,571,206	5,859,213	796,911	136
2532	7,901,534	6,168,464	947,547	154
2533	8,181,825	6,520,494	1,058,183	162
2534	8,600,617	6,861,470	1,162,242	169
2535	8,920,736	7,205,458	1,380,988	192
2536	9,279,829	7,571,124	1,505,832	199
2537	9,630,300	7,809,177	1,629,512	209
2538	9,921,084	7,977,245	1,693,078	212
2539	10,142,523	8,190,023	1,802,338	220
2540	10,544,840	8,403,162	1,890,072	225
2541	11,024,346	8,665,068	1,943,124	224
2542	11,457,921	8,950,522	2,048,156	229
2543	11,650,733	9,137,973	2,278,653	249
2544	12,144,471	9,399,647	2,522,508	268
2545	12,429,594	9,711,027	2,633,124	271
2546	12,619,350	10,004,112	2,860,093	286

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยางพารา				
ปี	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (Yield) กิโลกรัมต่อไร่
2547	12,953,573	10,349,941	3,006,720	291
2548	16,185,607	12,300,456	2,795,876	227
2549	17,129,649	12,607,954	2,931,157	232
2550	18,054,728	12,949,106	3,055,251	236
2551	18,808,826	13,352,020	3,212,702	241
2552	19,625,454	13,740,670	3,329,368	242
2553	20,264,423	14,882,784	3,585,600	241
2554	21,165,068	15,760,405	3,924,865	249
2555	22,481,815	16,710,388	3,897,093	233
2556	23,194,169	17,385,843	4,192,962	241
2557	25,226,770	18,229,537	4,387,648	241
2558	25,925,730	18,528,908	4,422,639	239
2559	25,957,310	19,027,725	4,445,242	234
2560	25,757,353	19,865,502	4,662,712	235
2561	25,348,980	20,791,308	4,922,650	237
2562	25,040,997	21,489,732	4,848,620	226
2563	24,753,253	21,984,446	4,859,666	221
2564	24,427,000	21,925,000	4,910,000	224

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3. ปริมาณผลผลิต พิจารณาจากพื้นที่เพาะปลูกตามระดับความเหมาะสมตามแนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก (Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย (Yield) จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรย้อนหลัง โดยในการพิจารณาปริมาณผลผลิต ได้กำหนดสมมุติฐานสัดส่วนการจัดเก็บเศษวัสดุทางการเกษตร ร้อยละ 80 และสัดส่วนปริมาณชีวมวลที่ใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้า ร้อยละ 73 จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยมีปริมาณผลผลิต แสดงดังตารางที่ 32-34

ตารางที่ 32 ปริมาณผลผลิต กรณีที่ 1

ชนิดพืช	ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่ต่ำ กิโลกรัมต่อไร่	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณที่จัดเก็บผลผลิตได้ (ตัน)	ปริมาณผลผลิต (ตัน) ในภาคการผลิตไฟฟ้า
ข้าว	18,574,845	17,437,269	304.75	5,314,072	4,251,257.62	3,103,418.06
ข้าวโพด	16,769,533	16,004,156	327.77	5,245,692	4,196,553.60	3,063,484.13
อ้อย	34,547,212	30,547,619	7,091.00	216,613,164	173,290,531.53	126,502,088.02
มันสำปะหลัง	36,154,760	34,592,079	2,026.00	70,083,553	56,066,842.14	40,928,794.76
ยางพารา	47,849,923	37,283,012	136.00	5,070,490	4,056,391.74	2,961,165.97
ปาล์มน้ำมัน	16,034,518	13,230,926	1,339.00	17,716,210	14,172,968.17	10,346,266.77

ตารางที่ 33 ปริมาณผลผลิต กรณีที่ 2

ชนิดพืช	ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย กิโลกรัมต่อไร่	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณที่จัดเก็บผลผลิตได้ (ตัน)	ปริมาณผลผลิต (ตัน) ในภาคการผลิตไฟฟ้า
ข้าว	18,574,845	17,437,269	433.63	7,561,381	6,049,105	4,415,847
ข้าวโพด	16,769,533	16,004,156	572.49	9,162,240	7,329,792	5,350,748
อ้อย	34,547,212	30,547,619	10,160.30	310,372,971	248,298,376	181,257,815
มันสำปะหลัง	36,154,760	34,592,079	2,842.88	98,341,063	78,672,850	57,431,181
ยางพารา	47,849,923	37,283,012	226.32	8,438,023	6,750,418	4,927,805

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชนิดพืช	ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย กิโลกรัมต่อไร่	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณที่จัดเก็บผลผลิตได้ (ตัน)	ปริมาณผลผลิต (ตัน) ในภาคการผลิตไฟฟ้า
ปาล์มน้ำมัน	16,034,518	13,230,926	2,409.30	31,877,271	25,501,816	18,616,326

ตารางที่ 34 ปริมาณผลผลิต กรณีที่ 3

ชนิดพืช	ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่สูง กิโลกรัมต่อไร่	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณที่จัดเก็บผลผลิตได้ (ตัน)	ปริมาณผลผลิต (ตัน) ในภาคการผลิตไฟฟ้า
ข้าว	22,310,496	20,944,138	514	10,771,651	8,617,321	6,290,644
ข้าวโพด	19,428,225	18,541,502	736	13,646,546	10,917,237	7,969,583
อ้อย	41,595,697	36,780,088	12,280	451,659,479	361,327,583	263,769,136
มันสำปะหลัง	44,042,231	42,138,638	3,668	154,564,525	123,651,620	90,265,682
ยางพารา	64,434,823	50,205,395	291	14,609,770	11,687,816	8,532,106
ปาล์มน้ำมัน	17,562,076	14,491,395	3,296	47,763,637	38,210,910	27,893,964

4. การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากศักยภาพชีวมวลเชิงพื้นที่

ตารางที่ 35 กรณีที่ 1 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ผลผลิต (ตัน)	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต) (ยางพารา: ตัน/ไร่)	สัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้	ค่าความร้อน (เมกกะจูล/กิโลกรัม)	ชีวมวลคงเหลือ (ตัน)	ค่าพลังงานความร้อน (เมกกะจูล/ตัน)	คิดเป็นไฟฟ้า (MW)	คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า (MWh)
1. ข้าว	ฟางข้าว	3,103,418	1.17	0.583	12.33	2,115,063	26,078,729	258	1,811,023
2.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น	3,063,484	1.58	1	9.83	4,843,368	47,610,311	472	3,306,272
	ซัง		0.28	0.1	9.62	85,165	819,286	8	56,895
	เปลือก		0.27	0.1	9.83	81,182	798,022	8	55,418
3. อ้อย	ใบและยอดอ้อย	126,502,088	0.15	0.629	15.45	12,174,181	188,444,155	1,867	13,086,400
4.มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	40,928,795	0.09	0.944	5.49	3,747,768	20,590,237	204	1,429,878
	ลำต้น ยอด ใบ		0.25	0.244	7.56	2,496,656	18,874,723	187	1,310,745
5. ปาล์มน้ำมัน	ลำต้น	10,346,267	11.25	1	7.54	116,426,540	877,856,111	8,699	60,962,230
	ทาง และใบ		0.13	1	1.76	1,386,400	2,440,064	24	169,449
	ทะลายปาล์ม		0.20	0.04	7.24	82,356	596,259	6	41,407
6. ยางพารา*	ลำต้นส่วนที่ตัดทิ้ง	2,961,166	3.32	1	6.57	9,825,149	64,551,227	640	4,482,724
	กิ่ง		0.004	1	6.57	11,845	77,819	1	5,404
	ใบ		1.48	1	6.57	4,385,487	28,812,648	286	2,000,878
	ราก		10.13	1	6.57	29,987,728	197,019,371	1,952	13,681,901

ตารางที่ 36 กรณีที่ 2 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ผลผลิต (ตัน)	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต) (ยางพารา: ตัน/ไร่)	สัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้	ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	ชีวมวลคงเหลือ (ตัน)	ค่าพลังงานความร้อน (เมกกะจูล/ตัน)	คิดเป็นไฟฟ้า (MW)	คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า (MWh)
1. ข้าว	ฟางข้าว	4,415,847	1.17	0.583	12.33	3,009,519	37,107,366	368	2,576,900
2.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น	5,350,748	1.58	1	9.83	8,459,533	83,157,206	824	5,774,806
	ซัง		0.28	0.1	9.62	148,751	1,430,983	14	99,374
	เปลือก		0.27	0.1	9.83	141,795	1,393,843	14	96,795
3. อ้อย	ใบและยอดอ้อย	181,257,815	0.15	0.629	15.48	17,443,708	270,011,161	2,676	18,750,775
4.มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	57,431,181	0.09	0.944	5.49	5,258,858	28,892,168	286	2,006,401
	ลำต้น ยอด ใบ		0.25	0.244	7.56	3,503,302	26,484,963	262	1,839,234
5. ปาล์มน้ำมัน	ลำต้น	18,616,326	11.25	1	7.54	209,489,517	1,579,550,954	15,652	109,691,039
	ทาง และใบ		0.13	1	1.76	2,494,588	4,390,474	44	304,894
	ทะลายปาล์ม		0.19	0.04	7.24	148,186	1,072,866	11	74,505
6. ยางพารา*	ลำต้นส่วนที่ตัดทิ้ง	4,927,805	3.39	1	6.57	16,350,458	107,422,511	1,064	7,459,897
	กิ่ง		0.004	1	6.57	19,711	129,503	1	8,993
	ใบ		1.48	1	6.57	7,298,080	47,948,384	475	3,329,749
	ราก		10.13	1	6.57	49,903,885	327,868,526	3,249	22,768,648

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 37 กรณีที่ 3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ผลผลิต (ตัน)	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต) (ยางพารา: ตัน/ไร่)	สัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้	ค่าความร้อน (เมกกะจูล/กิโลกรัม)	ชีวมวลคงเหลือ (ตัน)	ค่าพลังงานความร้อน (เมกกะจูล/ตัน)	คิดเป็นไฟฟ้า (MW)	คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า (MWh)
1. ข้าว	ฟางข้าว	6,290,644	1.17	0.583	12.33	4,287,244	52,861,718	524	3,670,953
2.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น	7,969,583	1.58	1	9.83	12,599,910	123,857,117	1,227	8,601,189
	ซัง		0.28	0.1	9.62	221,554	2,131,353	21	148,011
	เปลือก		0.27	0.1	9.83	211,194	2,076,036	21	144,169
3. อ้อย	ใบและยอดอ้อย	263,769,136	0.153	0.629	15.48	25,384,350	392,924,358	3,894	27,286,414
4.มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	90,265,682	0.097	0.944	5.49	8,265,448	45,410,371	450	3,153,498
	ลำต้น ยอด ใบ		0.25	0.244	7.56	5,506,207	41,626,922	412	2,890,758
5. ปาล์มน้ำมัน	ลำต้น	27,893,964	11.25	1	7.54	313,890,780	2,366,736,483	23,453	164,356,700
	ทาง และใบ		0.13	1	1.76	3,737,791	6,578,513	65	456,841
	ทะลายปาล์ม		0.19	0.04	7.24	222,036	1,607,540	16	111,635
6. ยางพารา*	ลำต้นส่วนที่ตัดทิ้ง	8,532,106	3.39	1	6.57	28,309,527	185,993,590	1,843	12,916,222
	กิ่ง		0.004	1	6.57	34,128	224,224	2	15,571
	ใบ		1.48	1	6.57	12,636,049	83,018,839	823	5,765,197
	ราก		10.13	1	6.57	86,404,634	567,678,448	5,625	39,422,114

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost : MAC) โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก ได้กำหนดให้กรณีฐานคือโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ (Combined cycle power plant) 1 MW และกรณีดำเนินมาตรการโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 MW โดยแบ่งตามชนิดเชื้อเพลิง 1) โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงรวม (ฟางข้าว, ลำต้น ซัง และเปลือกข้าวโพด, ลำต้น และยอดใบมันสำปะหลัง) โดยใช้เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง 2) โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงใบอ้อย โดยใช้เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง 3) โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง และ 4) โรงไฟฟ้าชีวมวลเชื้อเพลิงเศษไม้ยางพารา โดยใช้เทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น

1. การประเมินต้นทุนสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติและโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล

1.1 เงินลงทุนหลัก (Capital Expenditure: CAPEX) ได้แก่ ค่าก่อสร้างระบบในการผลิตไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่าง ๆ และต้นทุนอื่น ๆ โดยอ้างอิง ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

1.1.1 โครงสร้างต้นทุนของโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ โดยโครงสร้างเงินลงทุนหลัก โรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ (Combined cycle power plant) 1 MW โดยเงินลงทุน เท่ากับ 21,144,376 บาท อ้างอิงจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

1.1.2 โครงสร้างเงินลงทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ระบบเทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น

ตารางที่ 38 โครงสร้างเงินลงทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ระบบเทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่น

โครงสร้างต้นทุน	โครงการที่ 1	โครงการที่ 2
ระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification System)	15,000,000	18,000,000
เครื่องยนต์ (Gas Engine)	20,000,000	14,000,000
อุปกรณ์อื่นๆ (Balance of Plant)	16,000,000	9,000,000
การเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (Grid Connection System)	1,000,000	2,000,000
งานโยธา (Civil work)	2,000,000	6,000,000
ค่าใช้จ่ายอื่น (On site utility equipment & other field services)	3,600,000	8,000,000
ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาโครงการ (Project Development Cost)	5,000,000	4,000,000
รวมต้นทุนการก่อสร้าง (บาท)	62,600,000	61,000,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1.2 โครงสร้างเงินลงทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ระบบเทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง

ตารางที่ 39 โครงสร้างเงินลงทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ระบบเทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง

โครงสร้างต้นทุน	โครงการที่ 1	โครงการที่ 2
ระบบผลิตไอน้ำและระบบเผาไหม้ (Boiler and Combustion System)	26,460,000	25,250,000
กังหันไอน้ำและเครื่องกาเนิดไฟฟ้า (Steam Turbine and Generator)	8,556,000	7,580,000
ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง (Fuel Handling System)	1,166,000	1,080,000
ระบบบำบัดน้ำ (Water Treatment Plant)	1,846,000	1,520,000
ระบบหล่อเย็น (Cooling System)	2,098,000	1,670,000
ระบบกำจัดไอเสีย (Flue Gas Cleaning System)	2,310,000	2,000,000
ระบบอากาศอัด (Air Compressor)	440,000	350,000
ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม (Electric Power & Control System)	6,926,000	2,890,000
สายส่งและการเชื่อมต่อกับระบบการไฟฟ้า (Transmission Line & Grid Connection)	1,310,000	1,310,000
อาคารเก็บเชื้อเพลิง (Fuel Warehouse)	5,486,000	2,530,000
การเตรียมพื้นที่และการขุดบ่อ (Site Preparation and Raw Water Pond Digging)	2,470,000	2,020,000
งานโยธาอื่นๆ (Civil Works (Others))	7,088,000	7,070,000
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ระหว่างก่อสร้าง (On site utility equipment & other field services)	3,606,000	4,240,000
ค่าใช้จ่ายของผู้พัฒนาโครงการเช่น ค่าดำเนินธุรกิจ ค่าที่ปรึกษา ค่าธรรมเนียมใบอนุญาต และอื่น ๆ (Project Development Cost)	2,514,400	3,080,000
รวมต้นทุนค่าก่อสร้าง (บาท)	**72,276,400**	**62,590,000**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1.3 ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance cost : O&M) ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติและเชื้อเพลิงชีวมวล จะมีการปรับขึ้นทุกปี ตามดัชนี้ราคาผู้บริโภคพื้นฐาน A/A ที่กำหนดโดยกระทรวงพาณิชย์ เป็นค่า Core Inflation2564 ที่ร้อยละ 2.3 โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนเชื้อเพลิง ดังนี้

1.1.2.1 ต้นทุนก๊าซธรรมชาติ โดยพิจารณาราคาเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า อ้างอิงจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และอัตราแลกเปลี่ยนเฉลี่ยของปี 2565 อ้างอิงจากธนาคารแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 40 สมมติฐานต้นทุนก๊าซธรรมชาติ

ตัวแปร	ค่าสมมติฐานในการคำนวณ	หน่วย
อัตราแลกเปลี่ยน	35.07	บาท/ดอลลาร์สหรัฐฯ
ราคาเชื้อเพลิง	8.90	$/MMBTU
	312.08	บาท/MMBTU
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า	6,300	BTU/kWh
	6.30	MMBTU/MWh
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปี	42,430.20	MMBTU
ต้นทุนเชื้อเพลิง	13,241,665.71	บาท/ปี

1.1.2.2 ต้นทุนเชื้อเพลิงชีวมวล ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลราคาเชื้อเพลิงชีวมวล ราคารับซื้อชีวมวล ณ ราคาหน้าโรงไฟฟ้าของกลุ่มโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล บริษัท แอ๊บโซลูท คลีน เอ็นเนอร์จี้ จำกัด (มหาชน) ช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม ปี 2565 จำนวน 4 แห่ง ดังนี้ 1) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี 2) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี 3) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดศรีเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และ 4) โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ้านบึง จังหวัดชลบุรี แสดงดังตารางที่ 41-44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 41 ราคาเชื้อเพลิงณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ่อพลอย

ชนิดเชื้อเพลิง	ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี														
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ราคา เฉลี่ย	ราคา สูงสุด	ราคา ต่ำสุด
ใบอ้อยสับ	700	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	700	600
ต้นข้าวโพด	700	700	700	700	700	650	650	650	650	650	700	700	680	700	650
เปลือกข้าวโพด	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570
ซังข้าวโพด	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680
ฟางข้าว	650	650	650	650	600	650	650	650	650	650	650	650	650	650	600
แกลบ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
เหง้ามัน	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ต้นมัน/ลำมัน	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ขี้เลื่อย	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ไม้ท่อนยางพารา	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880
เศษไม้อื่นๆ	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ลำต้นปาล์ม	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
ทางปาล์ม	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	400	480	480	400
ทะลายปาล์ม	570	580	580	600	540	420	460	560	560	560	560	560	550	600	420
กะลาปาล์ม	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 42 ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดสิรินธร

ชนิดเชื้อเพลิง	ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี														
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ราคาเฉลี่ย	ราคาสูงสุด	ราคาต่ำสุด
ใบอ้อยสับ	700	670	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	740	750	670
ต้นข้าวโพด	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
เปลือกข้าวโพด	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ซังข้าวโพด	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
ฟางข้าว	650	680	680	680	680	680	680	680	680	700	700	700	690	700	650
แกลบ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
เหง้ามัน	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ต้นมัน/ลำมัน	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ขี้เลื่อย	630	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	630	620
ไม้ท่อนยางพารา	800	800	800	800	800	800	740	740	740	740	740	740	770	800	740
เศษไม้อื่นๆ	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ลำต้นปาล์ม	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
ทางปาล์ม	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
ทะลายปาล์ม	380	380	260	260	380	380	380	380	380	380	380	380	360	380	260
กะลาปาล์ม	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 43 ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดศรีเชียงใหม่

ชนิดเชื้อเพลิง	ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดศรีเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่														
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ราคาเฉลี่ย	ราคาสูงสุด	ราคาต่ำสุด
ใบอ้อยสับ	700	670	700	700	700	750	750	750	750	750	750	750	730	750	670
ต้นข้าวโพด	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
เปลือกข้าวโพด	600	600	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	600
ซังข้าวโพด	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
ฟางข้าว	650	670	670	670	670	670	670	670	670	670	700	700	680	700	650
แกลบ	1,000	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,400	1,000
เหง้ามัน	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ต้นมัน/ลำมัน	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ขี้เลื่อย	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ไม้ท่อนยางพารา	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	800	880	880
เศษไม้อื่นๆ	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ลำต้นปาล์ม	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
ทางปาล์ม	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
ทะลายปาล์ม	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
กะลาปาล์ม	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400

ตารางที่ 44 ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ้านบึง

ชนิดเชื้อเพลิง	ราคาเชื้อเพลิง ณ ปี 2565 โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดบ้านบึง จังหวัดชลบุรี														
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ราคาเฉลี่ย	ราคาสูงสุด	ราคาต่ำสุด
ใบอ้อยสับ	850	750	750	750	750	750	750	750	750	750	800	800	780	850	750
ต้นข้าวโพด	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
เปลือกข้าวโพด	650	650	650	650	650	600	600	600	600	600	600	600	620	650	600
ซังข้าวโพด	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
ฟางข้าว	650	650	680	680	680	680	680	680	680	680	680	700	680	700	650
แกลบ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
เหง้ามัน	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ต้นมัน/ลำมัน	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ขี้เลื่อย	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ไม้ท่อนยางพารา	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
เศษไม้อื่นๆ	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
ลำต้นปาล์ม	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
ทางปาล์ม	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
ทะลายปาล์ม	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
กะลาปาล์ม	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400

โดยสามารถคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปี ได้จากค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และอัตราการใช้เชื้อเพลิง อ้างอิงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพร้อยละ 30 เดินเครื่องผลิตไฟฟ้า 24 ชั่วโมงต่อวัน ต่อเนื่อง 300 วันต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 45 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปี

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ค่าความร้อน (kJ/kg)	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (kg/s)	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (kg/hr)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อวัน (kg/day)	ปริมาณที่ใช้เชื้อเพลิงต่อปี (kg/year)	ปริมาณที่ใช้เชื้อเพลิงต่อปี (Ton/year)
1. ข้าวนาปรัง	ฟางข้าว	12.33	12,330	0.27	973	23,358	7,007,299	7,007
2. อ้อย	ใบและยอดอ้อย	15.48	15,479	0.22	775	18,606	5,581,756	5,582
3.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น ยอด ใบ	9.83	9,830	0.34	1221	29,298	8,789,420	8,789
	ซัง	9.62	9,620	0.35	1247	29,938	8,981,289	8,981
	เปลือก	9.83	9,830	0.34	1221	29,298	8,789,420	8,789
4.มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	5.49	5,494	0.61	2184	52,421	15,726,247	15,726
	ลำต้น ยอด ใบ	7.56	7,560	0.44	1587	38,095	11,428,571	11,429
5. ยางพารา*	ลำต้น	6.57	6,570	0.51	1826	43,836	13,150,685	13,151
	กิ่ง	6.57	6,570	0.51	1826	43,836	13,150,685	13,151
	ใบและยอด	6.57	6,570	0.51	1826	43,836	13,150,685	13,151
	รากไม้ยางพารา	6.57	6,570	0.51	1826	43,836	13,150,685	13,151
	ปีก/เศษไม้ยางพารา	6.57	6,570	0.51	1826	43,836	13,150,685	13,151
6. ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	7.54	7,540	0.44	1592	38,196	11,458,886	11,459
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	7.24	7,240	0.46	1657	39,779	11,933,702	11,934

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ผลประโยชน์ของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลมาจากรายได้การขายคาร์บอนเครดิต โดยทำการประเมินคาร์บอนผ่านโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program) และทำการขายคาร์บอนเครดิตผ่านการซื้อขายผ่านแพลตฟอร์มตลาดซื้อขาย (Trading Platform) ปัจจุบันทำการซื้อขายผ่านแพลตฟอร์ม FTIX โดยมีราคาการซื้อขายชีวมวลอยู่ที่ 200 บาท/ tCO_2eq โดยอ้างอิงราคาซื้อขายคาร์บอนจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ดังรูปที่ 16

ประเภทโครงการ	ประเภทโครงการย่อย	ราคาต่ำสุด (บาท)	ราคาสูงสุด (บาท)	ราคาเฉลี่ย (บาท)	ราคาซื้อขายล่าสุด (บาท)	ปริมาณการซื้อขาย (tCO_2eq)	มูลค่ารวม (บาท)
AE	Biogas	-	-	-	-	-	-
	Biomass	200	200	200	200	22	4,400
	Hydro Power	-	-	-	-	-	-
	Solar Energy	200	200	200	200	242	48,400
EE	Waste Heat Recovery	-	-	-	-	-	-
Forestry	Forestry	-	-	-	-	-	-
WM	Composting	-	-	-	-	-	-
	Methane Recovery and Utilization	-	-	-	-	-	-
OTH	CO_2 Recovery	-	-	-	-	-	-
Total						264	52,800

ภาพที่ 20 ราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิต

3. การคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก จากการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินต้นทุนและการประเมินผลประโยชน์ สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติและโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล และการวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก โดยการคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1 สถานการณ์ที่ 1 (Survival) สถานการณ์ที่ไม่มีการสนับสนุนปัจจัยใด ๆ ไม่ว่าปัจจัยด้านการสนับสนุนนโยบายจากภาครัฐ ปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า

3.2 สถานการณ์ที่ 2 (Competitive) สถานการณ์ที่มีการสนับสนุนปัจจัยด้านนโยบายจากภาครัฐ โดยมีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff ให้กับผู้ผลิตไฟฟ้า แต่ปัจจัยต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ายังคงสูง

3.3 สถานการณ์ที่ 3 (Comfortable) สถานการณ์ที่มีการสนับสนุนทั้งปัจจัยด้านนโยบายภาครัฐ และปัจจัยด้านต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า